汽车交流发电机

[法] G.戈里 著

朱学璋 金慧珠 佘协斌 译　　夏登峻 朱学璋 校

人民交通出版社

8810625

封面设计：彭 小 秋

02—151—145—
统一书号：15044·47
定　　价：　3.30

QICHE JIAOLIU FADIANJI

汽车交流发电机

〔法〕G·戈里　　著

朱学璋　金慧珠　佘协斌　译

夏登峻　朱学璋　　校

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是根据1976年法国出版的《汽车交流发电机知识》的第六版选译汇编的。全书共分三大部分：第一部分是交流发电机的概述；第二部分是关于交流发电机的技术要素；第三部分则着重介绍了各种交流发电机和商用调节器。同时还配有各种照片、图示，便于理解和掌握，适合于不同水平的从事于汽车制造、使用和修理的工作人员，特别是汽车电器技术人员和工人阅读。

Connaissance des alternadeurs d'automobile leurs réguladeurs, leurs accessoires

G.GORY·

EDITIONS SEMIS 1975

汽车交流发电机

[法]G·戈里 著

朱学璋 金慧珠 佘协斌 译

夏登峻 朱学璋 校

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

江苏省如东县印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：18 字数：382千

1987年9月 第1版

1987年9月 第1版 第1次印刷

印数：0001—16,700册 定价：3.30元

前　言

本书是根据法国《汽车电器》丛书中的第一部著作《汽车交流发电机知识》的第六版（1976年巴黎出版）选译汇编的。该书1965年出版第一版，十年时间不包括几次重印，便修订了5次，说明深受国内外同行广大读者的欢迎。另外，还分别出有意大利文和西班牙文版，所以该书在国际同行界享有盛誉，发行甚广，被认为是有实用价值的好书。

本书介绍了各种汽车交流发电机的结构、性能、其改进和发展的过程；过去和当前的现状以及未来的发展趋势。对于各种结构原理，应用中的优缺点和问题，装卸的工序，易产生的问题和解决办法以及在制造过程中的工艺和材料都作了较详尽的阐述。同时，还配有各种照片、图示，便于理解和掌握，适合于不同水平的从事于汽车制造、使用、修理工作的人员，特别是汽车电器技术人员和工人阅读。

在翻译和校审的过程中，得到长沙汽车电器厂厂长、高级工程师郭伟凡同志在技术上的指导，特此表示感谢。

目　录

第一部分
交流发电机的概述

一、新型的发电机…… 3
二、汽车交流发电机及其附件和装配上的特点……19
三、换向器和整流器……32
四、汽车交流发电机的分类……48

第二部分
关于交流发电机的技术要素

五、以图解法解释交流发电机基本原理的对话……63
六、交流发电机、蓄电池和测量仪器……78
七、关于调节问题的对话……91
八、交流发电机特性的标志…… 104
九、交流发电机的防干扰…… 114

第三部分
交流发电机和商用调节器

十、波许(БОSCH) LJ型交流发电机及其检查…… 127
十一、波许交流发电机的制造工艺…… 135
十二、波许调节器的技术…… 146

十三、A. C. 724-6型 24V C. A. V 交流发电机 …… 153
十四、C. A. V.AC5交流发电机及其440型调节器…… 161
十五、克里斯莱（CHRYSLER）交流发电机…… 166
十六、C. S. F. 杜加迪（DUCATI）永久磁铁式交流发电机…… 174
十七、德尔科·雷米（DELCO-RÉMY）（G. M.）晶体管调节器…… 187
十八、匹配有炭精调节器的德尔科·雷米交流发电机… 199
十九、在法国制造的德尔科·雷米交流发电机的说明、拆卸、检查和试验…… 205
二十、杜塞利埃（DUCELLIER）公司制造的第一台交流发电机及其调节器…… 219
二十一、杜塞利埃交流发电机及其调节器的安装、拆卸和检查…… 227
二十二、杜塞利埃充电指示灯用晶体管继电器…… 239
二十三、杜塞利埃12极交流发电机…… 243
二十四、杜塞利埃8367型调节器中的二极管用法举例… 253
二十五、杜塞利埃单相交流发电机振动式调节器的电容器和指示灯…… 255
二十六、杜塞利埃单相与三相交流发电机的充电和调节电路…… 261
二十七、杜塞利埃内装式晶体调节器…… 268
二十八、西班牙 FEMSA交流发电机…… 276
二十九、菲亚特FIAT 交流发电机及其配件…… 281
三十、A 12M·124和 A 12MD·124/24/50型爪极转子的菲亚特交流发电机…… 290
三十一、卢卡斯（LUCAS）AC12型交流发电机…… 295

三十二、卢卡斯10和 11AC型交流发电机以及4TR 型电子调节器…… 304
三十三、卢卡斯 11AC 型交流发电机的安装及其配件… 316
三十四、卢卡斯15AC和 15ACR型交流发电机…… 322
三十五、卢卡斯 8TR 型电子调节器及其微型电路和制造技术…… 329
三十六、卢卡斯15、16、17和 18ACR型交流发电机…… 339
三十七、卢卡斯交流发电机调节控制电压的不同截取方式…… 346
三十八、卢卡斯保护雪崩二极管…… 349
三十九、用于同一个交流发电机的两个蓄电池充电的卢卡斯装置…… 354
四十、 玛涅蒂·玛勒利（MAGNETI MARELLI）交流发电机及其电子调节器和充电指示器…… 359
四十一、玛涅蒂·玛勒利电子调节器…… 370
四十二、摩托罗拉（MOTOROLA）交流发电机的结构和检查…… 374
四十三、摩托罗拉电子调节器及其热态调节…… 385
四十四、巴黎·罗纳（PARIS-RHONE）公司的 A13R 型交流发电机及其AY2型调节器…… 392
四十五、巴黎·罗纳公司的A 16R型交流发电机及其调节器…… 399
四十六、巴黎·罗纳公司的 A 16R9 型交流发电机的保护…… 404
四十七、带内装调节器的巴黎·罗纳A 13R3 型交流发电机…… 407
四十八、巴黎·罗纳电子调节器的种类及其接线…… 415

四十九、巴黎·罗纳 ZL1和 ZL2型内装式电子调节器…… 425
五十、巴黎·罗纳带隔离二极管的 A13M 型交流发电机…… 428
五十一、巴黎·罗纳新的一代交流发电机和调节器…… 435
五十二、普雷斯托利特(PRESTOLITE)交流发电机 … 445
五十三、普雷斯托利特继电调节器原理…… 456
五十四、斯埃沃·马夏尔(S. E. V MARCHAL) A40型交流发电机及其电子调节器…… 467
五十五、斯埃沃·马夏尔交流发电机的系列及其安装时的布线…… 478
五十六、斯埃沃·马夏尔交流发电机…… 494
五十七、带双输出线的斯埃沃·马夏尔交流发电机…… 497
五十八、与交流发电机相匹配的斯埃沃·马夏尔机械式调节器…… 501
五十九、斯埃沃·马夏尔 FRED无电刷交流发电机…… 505
六十、斯埃沃·马夏尔电子调节器…… 511
六十一、单级振动式调节器斯埃沃·马夏尔 FRIDA 调节器…… 514
六十二、斯埃沃·马夏尔防电压峰值的28V与14V的保护型电子调节器…… 526
六十三、斯埃沃·马夏尔交流发电机的电路及其二极管…535
六十四、西姆斯(SIMMS)交流发电机及其电子调节器… 546
六十五、西姆斯交流发电机的拆卸、检查和重新组装…… 555
六十六、太莱克斯(TEREX G. M.)不带电刷的交流发电机的调节器…… 566

第一部分

交流发电机的概述

一、新型的发电机

当今，汽车上需用电量的增加已成为一个问题，在目前情况下，只有用交流发电机才能解决。因此，多年来人们特别注视和关心着法国和外国的制造厂在这方面的研究和试验。今天，对待交流发电机就象对待直流发电机一样的简便。我们也很容易描述一个交流发电机及其附属设备、调节器和截流器。这种描述对于各种型式的交流发电机都是有价值的，因为这种交流发电机已经达到了设计和实际的统一，这表明人们已经最大限度地达到了要求。至于可遇到的微小差别和不一致的地方，只不过是根据制造厂商的传统习惯和特点以及他们的特殊需求而已。目前的事实是，用直流发电机已经达到了最高的一个级别，假如要再进一步，则需要有一个重大变革——采用汽车用交流发电机。

现在所看到的交流发电机并不是按照个人的设想，而是根据一些好的制造厂家的实践制造出来的。可以看出，汽车交流发电机要装配整流二极管和调节器并要能适应汽车上经常性的转速变化。这种交流发电机最经常与汽车直流发电机结合，而很少和一般工业用交流发电机结合。一般工业用交流发电机为他激磁场(除这一点外，与汽车交流发电机稍有相似)，它总是保持一个严格的、恒定的转速，以确定交流电的基本参数——频率为一个恒定值。

然而应该指出，永久磁铁和无刷的绕组磁场的发展会给

汽车交流发电机在结构上和性能上带来较大的不同。

交流发电机的种类和特性

交流发电机这个词是相对于直流发电机而言的，并不是从词源上来理解的。事实上，交流发电机是发电机中的一种，因为这是把发电机的一个基本概念看成是机械能转变为电能，如直流发电机一样。当然，人们通常把发电机这个词习惯上当作直流电的电源装置，因而交流发电机就当作交流电的电源装置。

然而直流发电机不是一个取机械能和使用电磁感应现象而得到电流的最简单的机械，交流发电机才是一种这样的机械。实际上，为产生所要求的变换必须使横穿过电路的磁力变动，这种变动一般不会产生直流电。为了在不用复杂装置下得到直流电，首先的办法是增加或减少，也就是不固定横穿过电路的磁力线，显然，这是不可能的。另一办法是“法拉弟”，一种无换向器的直流电源装置。尽管用一些新型的磁性材料能使之更为完善，但这种解决办法目前还是被认为不可能做到。因而在电机中减少使之增加的最大电流，然后减少横穿线圈的磁力线，这样就产生了交流电。

另外需要指出，假如用的是永久磁铁做磁场，则这种变动就十分简单；如果用电磁铁，就必须供给直流电，这又得重新提出想极力避免的直流电的问题。

因此，换向器诞生了。应该说这是个天才的发明，它可以用到汽车上使蓄电池充电和使起动机工作。然而可以想到的是，用换向器对于将来发电会出现一些不合理之处，因为，它是以这些暂时性的接触通电的永远协调作为基础的，然而这种暂时性的接触通电是人们一直设法减少和避免的，这可

以用电子器材二极管或整流器和一些特殊的三极管来完成。对于整流器，长期以来人们都有所了解，但是最近随着交流发电机的发展使它也得到了发展。从这里可以再一次看到，技术上的发展是互相依赖，彼此推动，相互促进的。

对交流发电机说来，要以整流器来代替换向器。必须说明的是，其主要作用不是当截流器用，而是要起到换向器的作用。

用交流发电机就要采用价格昂贵的元件——整流器，为此要有一个站得住脚的理由。众所周知，每次需用电量的增加和考虑材料的经济性都迫使在一个不大的体积上追求大的功率，这就导致发电装置的转速越来越高。直流发电机转速不宜太高，最多能达 6000～7000 r/min，如果转速再高就会变得很危险了，因为换向器零件复杂，且结构脆弱。至于交流发电机，其旋转件可以做得更为紧凑、坚固，其转速可达 12 000～14 000 r/min，这就为更高速的发电装置提供了一个新的可能性，也就是为什么交流发电机可成为现代化的电源装置。

交流发电机的构成与其他电机一样，也是基于一个定子绕组和磁场绕组的感应过程，其优点是可使定子绕组固定，这样就不再需要一个转动的换向器，以避免使用在换向器上的带有较高电流的滑环和电刷。交流发电机用的都是三相，其理由将在下

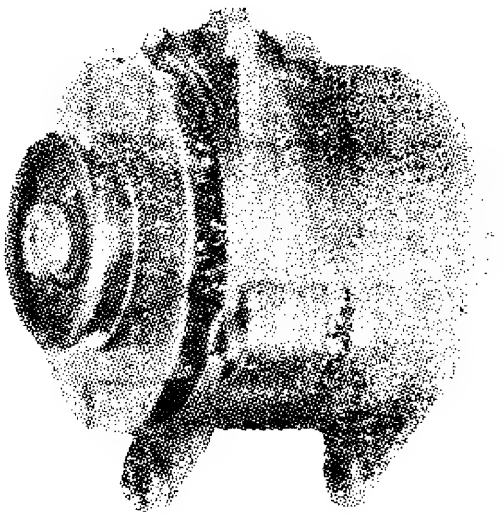


图 1 汽车交流发电机外形

面叙述。磁场是转动的，并且由二个滑环和二个电刷供给直流电。

不用换向器可使交流机比直流机更为紧凑，图1是小型汽车用巴黎·罗纳(Paris-Rhone) A 13R 型交流发电机的外形图，其优点是重量比同级直流机轻30%左右。

定　子

定子绕组只是引导产生一个三相电压，其理由将在整流器中作进一步说明。一相至少要有一个绕组，因而有较多的相时，才能在转速不高的一转中得到相当于较高转速时方能获得的磁力线变化。

这里的说明不是针对汽车交流发电机的三相绕组而言，仅是给予一个概念。

展开定子的内表面，再观察其绕组。图2中标上I的部分就是相I绕组。这些绕组都是有规律的布置，并在适当转

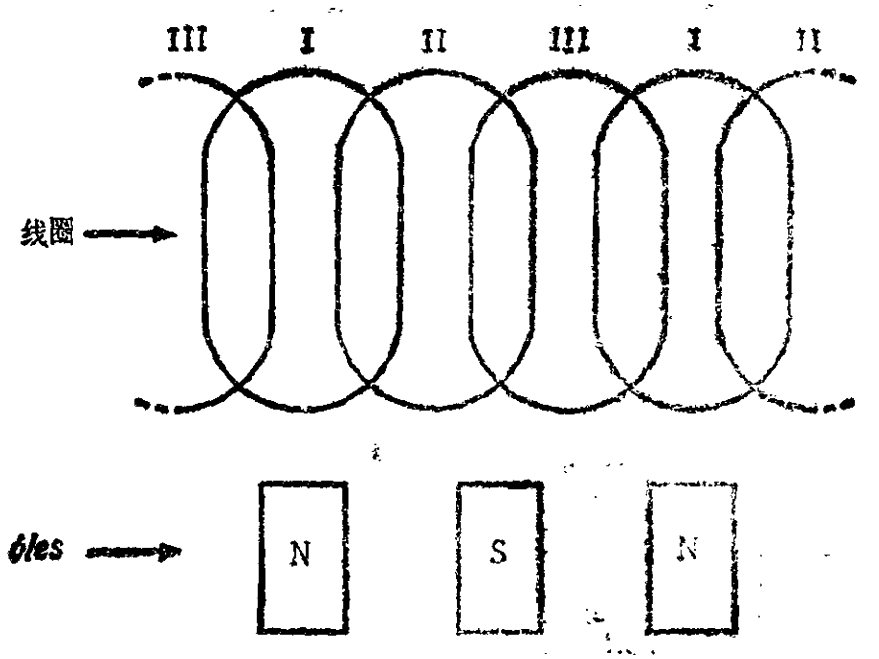


图2　三相绕组的展开

动转子(即磁场绕组)时，就可使这些绕组的每个面都对准转子的一个北极。这样，当转子旋转时，相对于所有的绕组I都在磁极的同一位置，因而所有这些绕组中的感应电动势都在这一相上，并且功率都是叠加起来的，只要同一相的这些绕组之间的接线都是在相适应的方向即可。在每个绕组的下面将北极展开表示，当然连同中间的南极一起，可使磁力线形成闭路。同样的相，可以安置另外一些绕组对准南极，并使其插接到绕组I的串联排列中，这样，它们的电动势与已经表示出来的绕组I的这些绕组在同一相位，只是方向相反，所以其功率就叠加上去。这里，未画出第二组绕组，但也就是说这些相的绕组都与转子的磁极数(北极或南极)相当。至于II相还是III相，它们都有I相一样多的绕组数目，但是与I相绕组分开有1/3的间距*(图2)。

绕组是绕在作为定子本体的叠片的线槽中的线束，可把绕组的数目变成为线束的数目乘上2。实际上是在同一定子线槽中安放有二组不同绕组的线束，而且线槽的数目就是绕组的数目。

这个简要的考虑可以使磁极、绕组和线槽的数目正配。有一个8极转子，这就是说每相有8个绕组，即三相共有$8\times3=24$个绕组和线槽。假如有一个12个磁极的转子，在定子上就有$12\times3=36$个绕组和同样多的线槽。

图3是杜塞利埃(Ducellier)公司的交流发电机定子。图上示出嵌有绕组的定子铁芯总成，而且在同一个线槽内安放有不同的绕组的线束。图上还可看到有6个下面要讲的硅二极管，这些二极管装在电刷架平台的冷却板上。

---

* 从理论上讲，每相之间相对角度是120°——译注

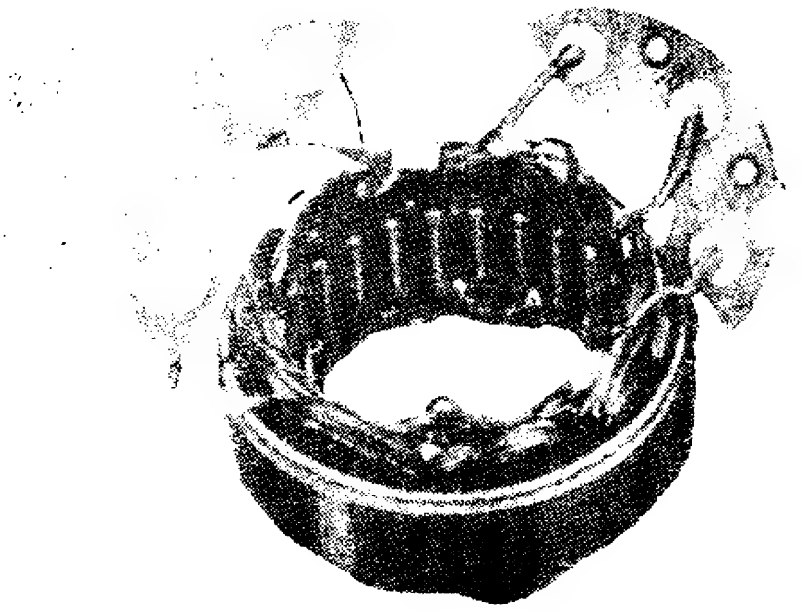


图 3　三相交流发电机的定子绕组

三个绕组按其要得到的电压或电流以星形或三角形接线。

定子两端各有一个带轴承座的端盖。

转　子

汽车交流发电机的转子的一个特点是常采用所谓“爪形”磁极。图 4 是杜塞利埃公司生产的转子-磁极，其上带有二个滑环，架在驱动端，也就是说在驱动皮带轮端的端盖轴承上。

下面介绍一下爪形磁极转子。图 5A 是一个双极交流发电机的二个剖面示意图，一个是垂直于转子轴的剖面，另一个是通过轴平面的剖面。转子上仅有一个绕组，其绕向是平行于转轴的平面的，把这个转子改换成图 5B，就可使绕向与转轴相一致。为使磁极尽量靠近定子，磁极应该从转子中心部分起是倾斜的，即一个“S”形，包括二个带有尖梢的爪

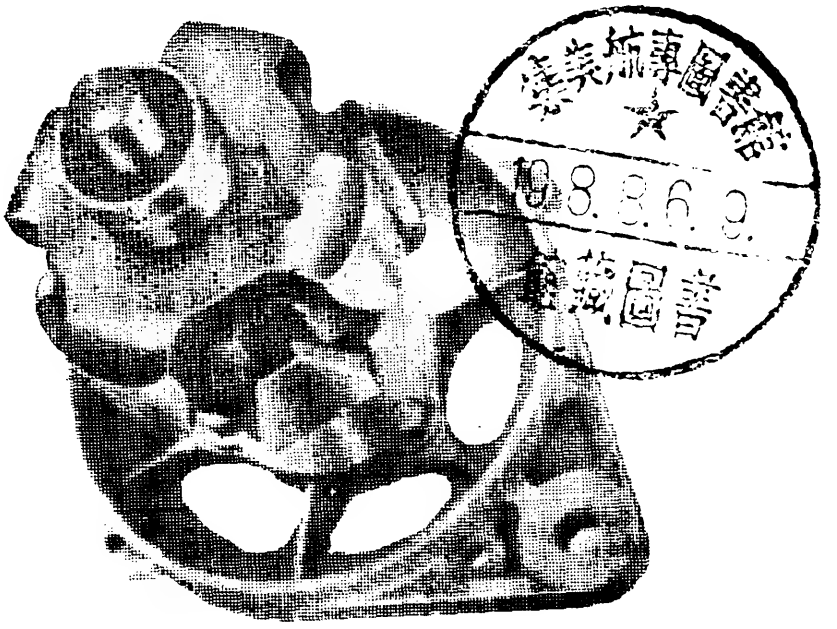


图 4　八极爪形磁极转子和端盖

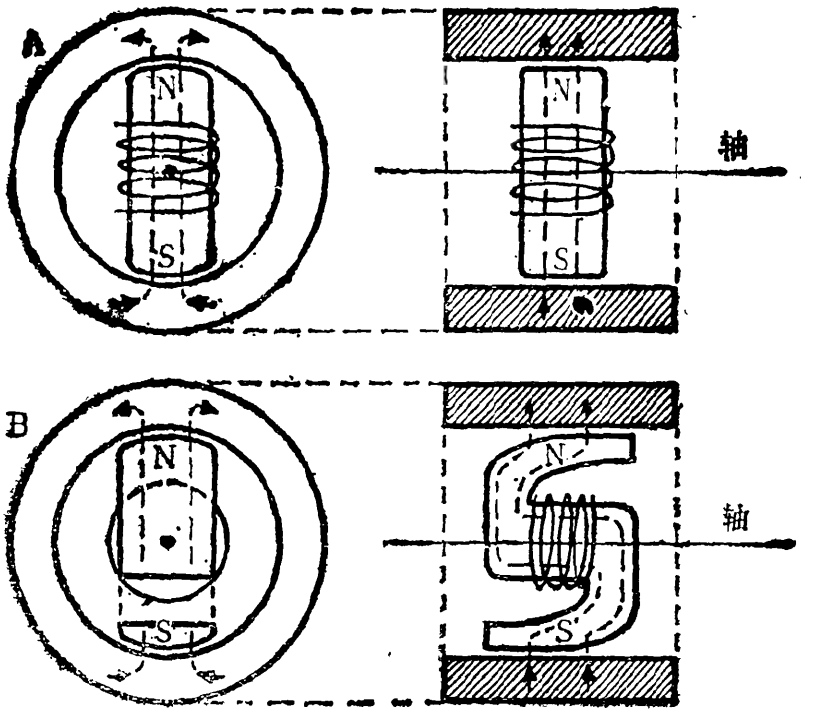


图 5　爪形磁极

(或称鸟咀)，平行于转轴的磁力线可使磁路通到每端的几个爪形(鸟咀)磁极上，而各个爪形的磁极是间隔安置，使北极和南极交替。图4是一个有8个爪形磁极的转子，在图5中用带有箭头的虚线来表示出铁芯内磁场的回路。

这种结构的好处是：磁场绕组的轴心与转子轴心是同一轴，并且是二端各用一块鸟咀形爪极将绕组固定，这样形成一个磁极整体。安装好的这种磁场绕组在良好的条件下会有抗离心力，很明显，用装配的这些不同部件可使转子制造直径不必太长，体积也不太大，反之，转子需要很大直径。

目前新出现的永久磁铁做的磁场(特殊钢或铁素体)是磁极元件的一大变革，并可取消滑环。本书将有专文介绍这种电机。

端盖和轴承

共有二个端盖，一个叫电刷端盖，是用螺钉固定在定子

图6　电刷端盖和二极管

骨架上。上面装有冷却板、磁场绕组用的两个电刷和一个轴承，这个轴承是用来支撑驱动皮带轮轴承相对方向的轴端的。

图6是杜塞利埃公司的电刷端盖和二块冷却板。图3中已示出与定子相连结的情况。

另一个端盖用一个轴承支撑转子轴的一端，该轴端在电机的外面装有一个驱动皮带轮和冷却风扇，如图4所见。

整流器

整流器通常是由硅二极管组成，它们装在交流发电机的端盖上，并处在风扇的气流通路中以保证得到良好冷却。

从电气观点来看，用桥式的整流既简单又灵巧。为什么要用桥式？实用中要有一种装置能将多相电流综合起来，使得从交流发电机中取得的电流接近于直流，也就是说波形平滑。

一个仅用单二极管的单相交流发电机失去了半个波形。用2个二极管可以得到二个半波的电动势和仅得到半个波形的一个电机。同样一次工作就可得到加了一倍的平均电流和功率，但是，电压和电流的波形是有很大缺陷的。用三相电流仅用3个二极管就可使得波形均匀，但是失去了电机能给出功率的一半。三相交流电用6个二极管，这一方案可以得到一个很接近直流的电流。

应该看到，一个尺寸已定了的电机采用三相交流电会使电机的价格提高。如果设想在同一个可利用的空间内安放三条线路而不是一条，那么一个绕组的断面要小三倍，每个绕组中的电动势要小三倍。但是已经有了三条电路，大致来说，其输出功率仍然是差不多，而被整流器引出的这几个电动势

的时间错开了，这样就接近一个直流发电机的情况。

由于6个二极管桥式布置的普及和推广，需要说明如何选择才是二极管应用上最简单最基本原理的发展。图7所示的由简到繁的布置图即可说明这个问题。图7示出许多典型的二极管传统的布置图。应该记住，二极管是使电流只能按黑色箭头表示的方向流动。从图a看起，一个二极管和一条单线连结，该单线将单相交流发电机的A和B接线柱与蓄电池C和D的接线柱相接，该二极管允许只使用一个半波的电流。图b是可以使用二个半波，但必须加2条线路和4个二极管。在此图中用实线箭头表示一个半波，另一半波用虚线箭头表示。在图c中把二极管放到发电机与蓄电池的中间，图中A、B、C、D是表示AD和BC二条对角线。为了不用这种对角

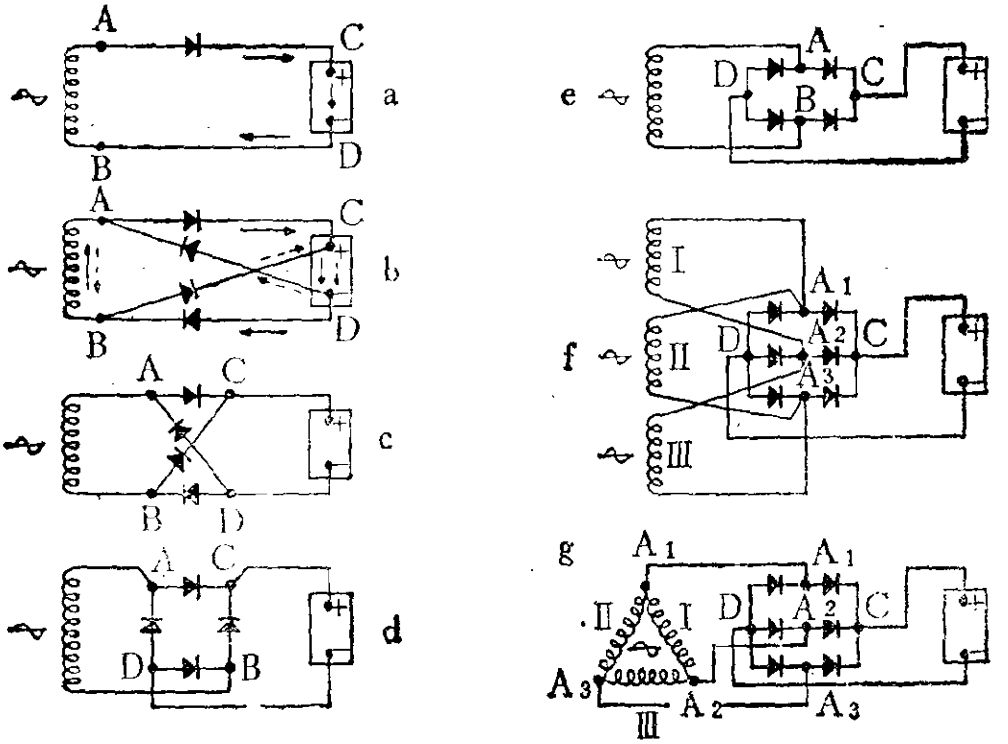


图7　二极管接线图的变换

线(这种画法是人们不习惯的)，用 d图把 A、B、C、D排成一个没有对角线的方形，即可看出这就是4个二极管的传统的桥式整流电路。

为了转到三相桥式整流电路，在此采用了一个转换过程图 e。很明显，这个电路图与图 d 是一样的，只是把整流电路放到明显的地方，以使从绕组来的引线可接到二个导通方向相反的二极管中间的接点上，使二个半波都可能通过。现在象 f 图那样用三相绕组 I、II和III 来代换单相绕组，就可以利用 e 图上的 2 个二极管之间的接点连接 2 个绕组，但现在发电机的绕组有 6 个端头，就要在 f 图上布置 3 个接点 A_1、A_2和 A_3 才可能与电机相连结。现作出图 g，图上分出 A_1、A_2和 A_3 等接点，三相的三个绕组接成三角形，同样也可接成星形。

激　磁

在交流发电机中加进整流器可使之近似为一个直流发电机，并给予交流发电机一些与并激直流电机相接近的特性，特别在激磁方面如此。

一个没有整流器的交流发电机不可能给自身激磁，因为它发出的是交流电，不但在正常运行下是不可能，即使以剩磁来使电机起动工作都不可能。交流发电机的磁场应是一个电磁铁而不是永久磁铁*，也不可能用辅助直流电机给磁场供电。只有带整流器的交流发电机可对本身激磁，因为其一开始产生的电流已被整流而适合于向磁场供电。但是从理论上

---

* 随着磁性材料的发展，现在已可以有永久磁铁，这里只是为了叙述方便才这样讲——译注

讲激磁的过程不够快（这个“快”字是从电的意义上来理解的），而电机装到发动机上使用总是要与蓄电池相连接的，这就可能在发动机一开始要运行时就由蓄电池向磁场供电。这样，交流发电机就象一个分激发电机，可以做到早期激磁。这一点是很重要的，交流发电机所以受到用户欢迎是它可在低的转速下供给电能。

调 节 器

交流发电机的工作大体象一个并激直流发电机，并有相类似的特性即电压和电流对转速的变化很敏感，因而要有一个调节器。然而交流发电机适应转速变动，也就是说其频率是在输出电流自动调节所提供的一定范围之内。当然，有些交流发电机也带有电压和电流的调节器。

直流发电机用的振动式的调节器已是很成熟的了，但交流发电机的则不同，因为两者在特性和线路上都不一样，并且其电压是脉动的，这就使得用于交流发电机上的调节器要比在直流电机上用的更精巧。所以都在普遍研究使用电子调节器，当然可以预测将来电压调节器的系列至少包括有：

- 传统的振动式调节器，例如双级振动调节器；
- 带晶体管的振动式调节器；
- 晶体管调节器即纯电子装置。

用永久磁铁作磁场的交流发电机，因为调节器不能在磁场绕组中起作用，调节问题就成为专门要解决的问题了，这在以后的文章中介绍。

电 气 特 性

按惯例，介绍电气特性都是从给出的电压与电流的函数

关系出发的，由于存在着电流的脉动，今后的电压或电流值都是有效值或平均值。

并激发电机有一个象图8A 上C的曲线，这是在一个固定转速条件下得到的。如果绘出提供空载额定电压的最低转速和最高转速之间的全部曲线，就形成用阴影线表示的这一区域。

一个带整流器的三相交流发电机也是一个并激电机，一个直流发电机大体相似，也就会有一个相类似的阴影线表示的区域，但由于其转速提高，频率增加，限制了电流，因此交流发电机的区域在垂直方向上要扁平一些，正如图 8B 所示。

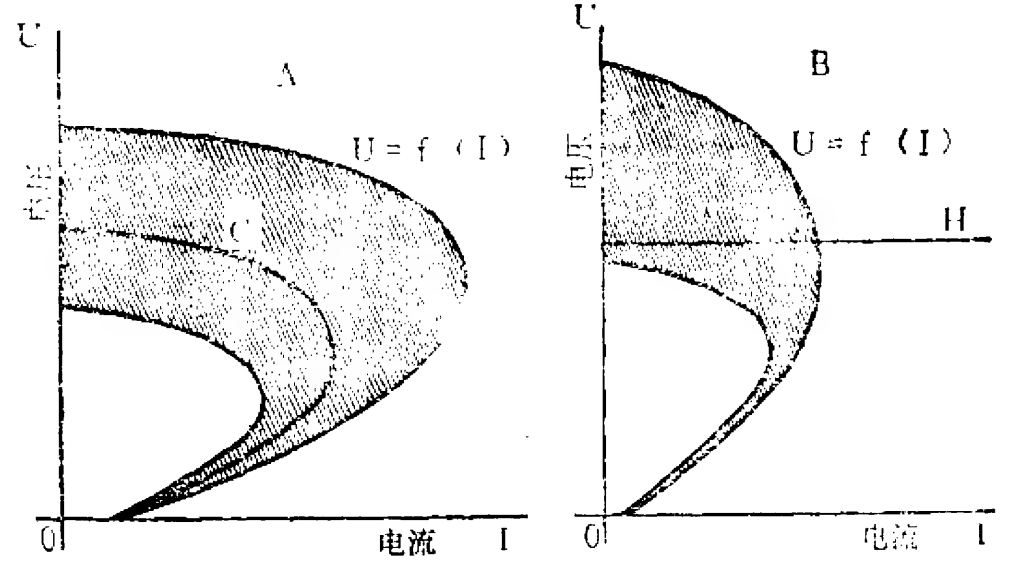


图8　交流发电机和直流发电机的基本特性

至此，尚未谈到调节问题，从一组曲线中可看出什么呢？通常可得到两点：

1．空载电压。它是这样一条曲线，当电流为 0 时，相应的每个速度可得到一个电压值，这些值可以从图 8 阴影线区域中的各条曲线和 OU 垂直线的交点得到，此特性如图 9

所示。这对一个电机作首次试验和检查是有益的，但不应该经常作这种空载运行，因为磁场绕组很容易因超电压而损坏。

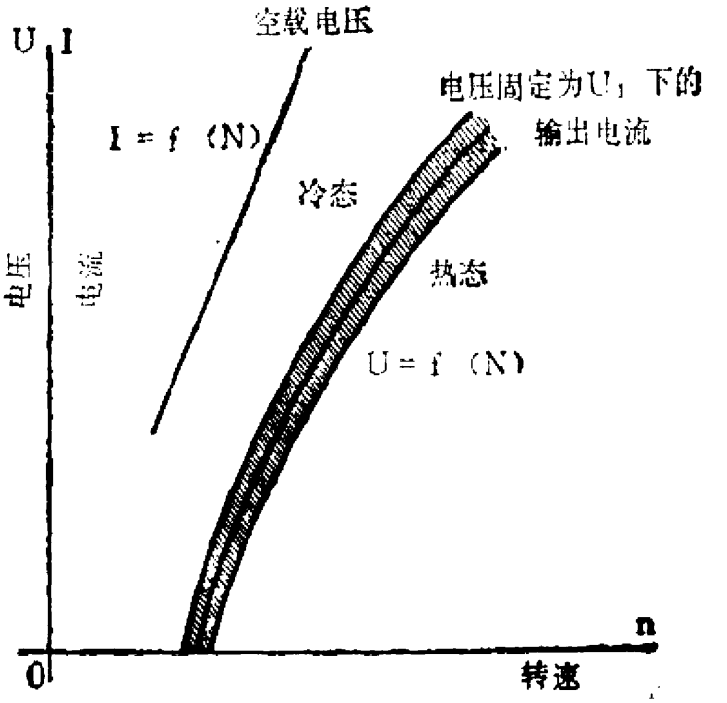


图9　空载电压及电压固定时，电流与转速的关系

2．在给定的电压下电流和转速的关系。这条曲线的一些点是一条水平线的交叉点，如图 8B 上的直线H与特性区域内各种速度下所得曲线的交点。交流发电机的曲线应该是与直流电机的曲线相似。交流发电机生产厂家给出的曲线有一定宽度，这是考虑到电机各种不规则，其参数亦有差异的情况，而且绘出 2 条曲线以示区别。一条是热态，一条是冷态，即图 9 中所示曲线。

要说明的是：电流-转速的关系曲线是在“全磁场”也就是不加调节器的情况下的性能。对于没有自动调节作用的直流发电机是作不出这种很精确的曲线的，因为在较高的转速下，电流就会大很多。交流发电机是一个对电流有自动调节

作用的发电机，生产厂有可能易于作出这样一条很精确的速度变动的曲线，如图10所示；有一段水平的线段，是由于频率

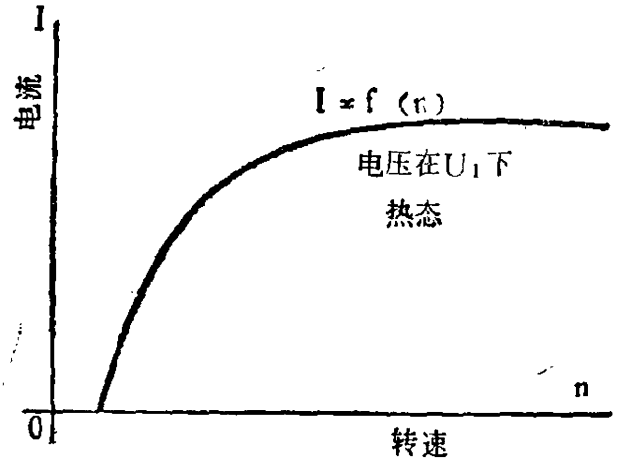


图10　交流发电机输出曲线

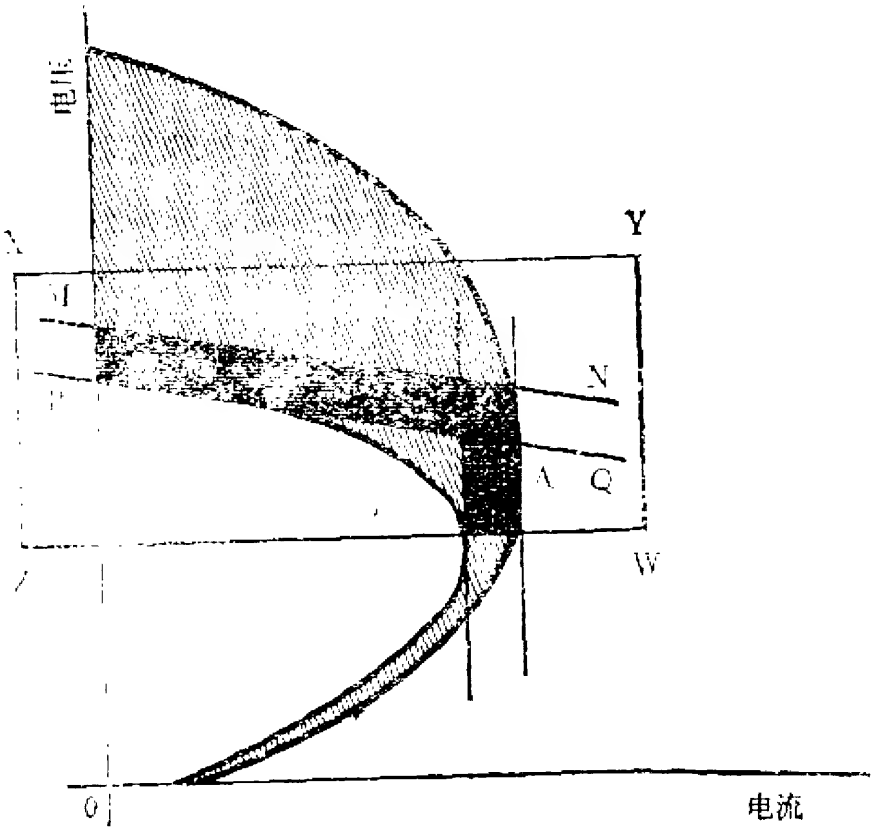


图11　调节器的特性曲线

的改变引起的。目前制造厂家给出的正是图10中的这些曲线。

当加用调节器时，就会出现与直流发电机调节器所产生的曲线相似的一条特殊曲线。可用下面的方式来作：图11所示为交流发电机的特性区域是在没有调节器的情况下提供的全部有用转速下的电压与电流的关系曲线，因此可以认为上面的一条限制点A的垂直线就是在直流发电机调节器特性规定的自动作用点，该点表示电机的电流稳定，而交流发电机只要用一个电压调节器部分地把特性限制在一个狭长区域内，这里用MN和PQ二条平行线来表示这个狭长区。为了只提供给一个蓄电池的使用，生产厂家可画出XYWZ长方形图形，并且向用户和修理者提供(在图上)用黑色表示的弯形带状狭长区。

安装和附件

安装问题虽无特殊困难，但电机的结构和其外形会有某些不同。二极管一般是装在电机本体内的，其余作为附件的有：调节器、点火系统的电源开关、充电指示灯等。调节器和继电器很显然可以装在同一个壳体内，当然也可以设想把它们都装到交流发电机的本体内。

结　论

汽车电气设备中采用交流发电机并不会增加复杂性，而且这也不是新奇的事了。这个电机仍然是一种电机式的机械，包括一个转动部分、一个固定部分、二个电刷、二个端盖、一个风扇、一个调节器。安装方法显然是一样，只是在磁场用有绕组时，需在点火开关与磁场线路之间要新加一根连接线。采用交流发电机是成功的，制造厂的产品实际是受到信任的。

二、汽车交流发电机及其附件和装配上的特点

直流发电机已经是很成熟的了，用交流发电机来替代它，目的是适应汽车上越来越大的电能需要，而且在某些汽车上还要满足一些重要的和新的要求，即使是一台经常或长期停放的汽车或是长期使用怠速或低速的汽车(出租汽车、带收音机的汽车、送货车、救护车等等)。

因为发电机受到它本身体积和价格的限制，所以要提高它的输出就只能提高转速。而直流发电机的转速是受到整流子和电刷的离心力和磨损所限制的。

交流发电机有一个很坚固的转动部分，因为没有整流子，它可以达到很高的转速：12 000～14 000 r/min，这样可以用一个适当的增速传动比*，使发动机一开始在很低转速下就可使交流发电机输出。

汽车交流发电机的结构需具有下列双重特点：

●一般工业用交流发电机；

●但又是用于汽车上的发电机，因而应能对蓄电池充电，至少必须能使汽车起动。

这样的汽车交流发电机要包括：

1．一个转动的磁场绕组或叫转子特别适用于高转速。转子上全部零件和绕组都是以轴线为中心布置的，这就特别

---

* 发动机的转速与发电机的转速之间的比例——译注

适合于承受离心力的作用。仅有的一个绕组是用二块磁极板夹固的，这二块磁极板上的极爪是互相错开对插的，即在二个同磁极性的爪中插进具有另一极性的一块磁极板的爪。这种磁极形式的转子叫做"爪形"(鸟咀形)或"手指"形转子。

绕组是由与二个电刷滑动接触的滑环供给直流电或脉动电流。滑环表面是平滑没有接缝的，因而不致引起电刷跳动而造成磨损或离心问题。现在，也有使用没有滑环的永久磁铁作为磁场。

2. 一个感应绕组或叫定子。其绕组是装在用一叠薄板做的圆形的带齿冠的槽内。交流发电机的定子绕组是可以固定的，因而就不再需要旋转的整流装置——整流子来矫正感应绕组中感应出来的交变电动势。

为使经整流后得到的脉动电流尽可能平顺，一般使用三相。从理论上来说，直流发电机的整流子产生的直流电同样也有轻微的波动。

3. 两个端盖。它装在定子本体的一叠薄板上，用上面的轴承支撑转子轴。一个端盖装在后面，有一对电刷架能与转动的磁场绕组相接。还有6个二极管(因为是三相)装在冷却板上，另外还有交流发电机接线柱，象直流发电机一样，原则上有二个：感应绕组(定子绕组)的正接线端和磁场绕组的绝缘接线端。在特殊情况下则不止有两个接线端。另一个端盖在发电机的前部，支撑转子轴的另一端，转子轴上装有驱动皮带轮和风扇。风扇对电气绕组和整流器是很重要的，因为运行时它们的温度必须低于一定值。

激　磁

工业用交流发电机不能自身激磁，因为它产生交流电，

而磁场绕组要求直流电。一般用一个称作励磁机的小型直流发电机供给磁场直流电。汽车交流发电机产生的是一个经内装二极管整流的直流电，可以用来自身激磁。为了一开始就很容易起步，可先用蓄电池的电流供给磁场，以加强剩磁给出的作用。

由于整流二极管的关系，激磁不受选择风扇旋转方向的影响。

内部电气线路

三相感应绕组(定子绕组)如图12所示，用6个二极管桥式传统装置，它有三条线路而用二个接线头，其中一个接线头由结构本身来接地。这样的三相连接法可使电流的波动很微弱(图13)。图12上的定子绕组是接成三角形的，也可接成星形的(图14)。

6个二极管可以利用三相的2个半波。

带动交流发电机旋转的发动机的转速的变化对交流发电机提出了一个与直流发电机相类似的问题——调节。关于电流的调节，从理论上讲是不存在的，因为随着转速的提高电动势的频率也会增加，从而提高了交流发电机内部线圈存在

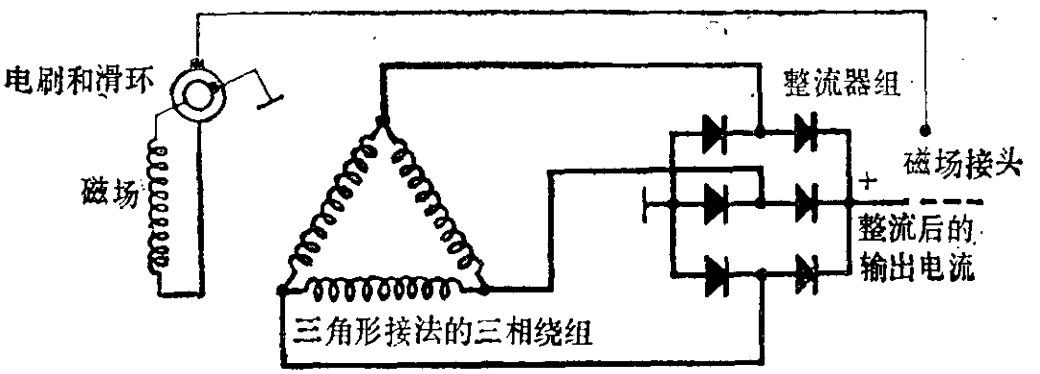


图12　三角形接线法的内部电路图

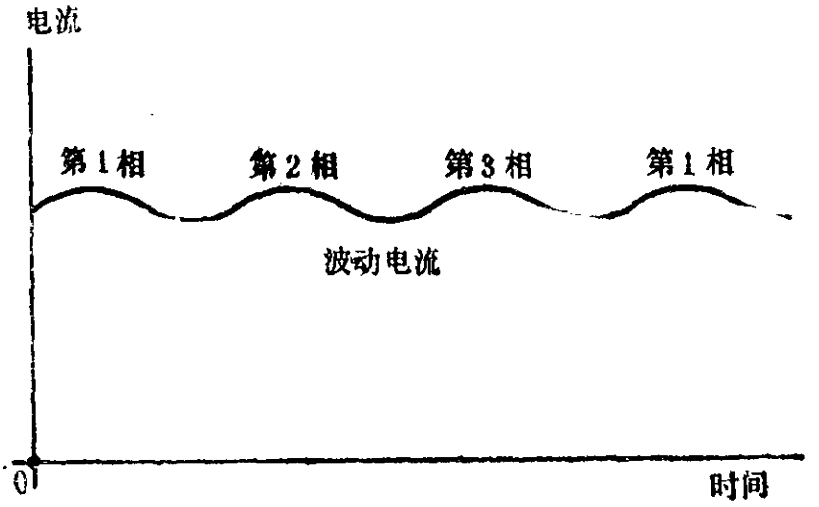


图13　波动电流调节问题

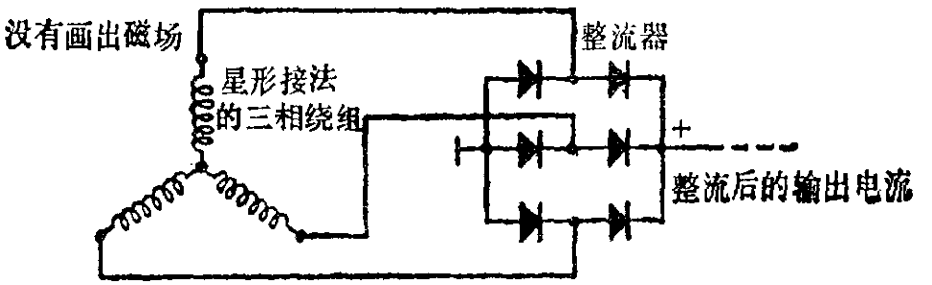


图14　星形接线法的内部电路图

的阻抗，对电流的增加产生了有效的抑制作用。

剩下要解决的问题是电压调节的问题，起动是用于直流发电机的振动式电压调节器，现趋向使用电子，并有以下三种装置：

1．振动式调节器，完全用电磁力的，图15是其电路示意图。该调节器与没有电流线圈的直流发电机调节器一样，但仅是原理相同，因为同一调节器不可能用在不同型式的电机上。

2．带晶体管的调节器，与上面那种的区别是在于磁场线路接到一个晶体管的发射极-集电极（E－C）（图16），断电

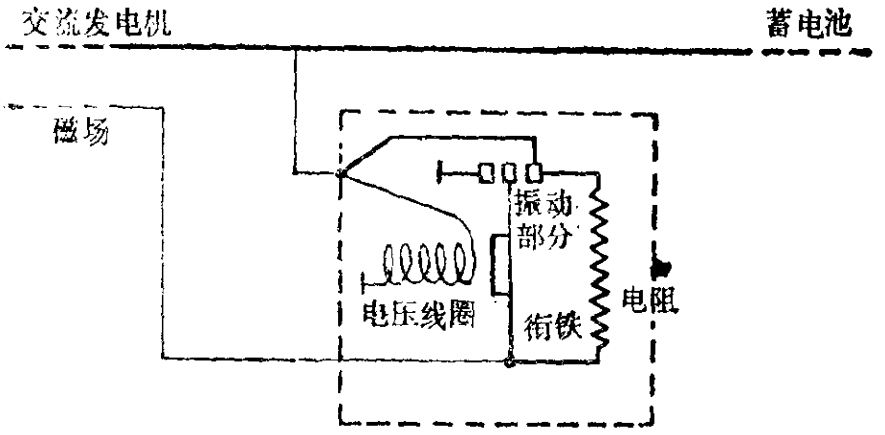


图15　振动式调节器

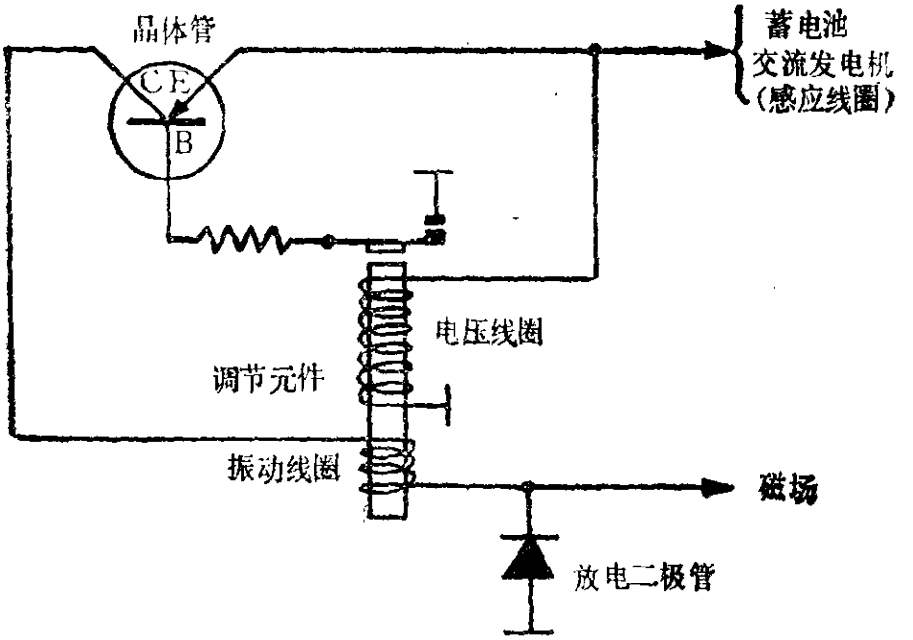


图16　带晶体管的调节器

触点不是切断磁场而是切断仅仅通过很小电流的晶体管基极线路。这个没有感应的基极线路对于保护振动触点起到保证作用，并且对调节性能和寿命也有很大好处。

3．晶体管调节器，与上面讲的原理一样，但没有触点(图17)，有二个晶体管 T_1 和 T_2，一个闸流管 Z 和一个放电用二极管(带晶体管的调节器也有一个，当磁场绕组线路中的触

点断开时它可使产生的感应电流通过)。闸流管只是在电压超过一定值时导通，以达到调节控制作用。没有任何触点的晶体管调节器工作可靠，但比其它型的价格要高。

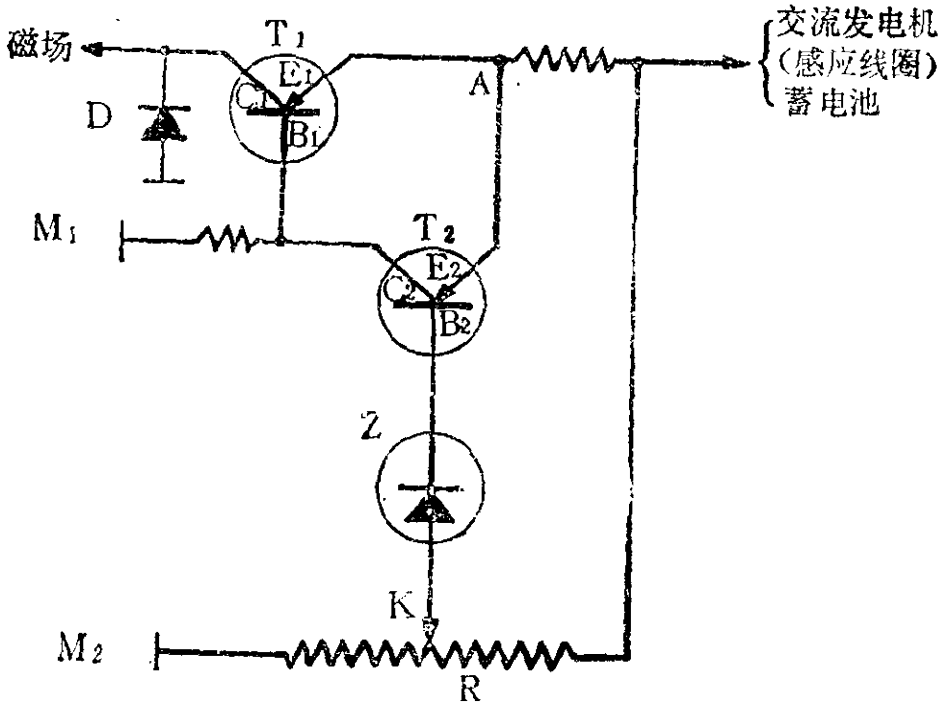


图17　晶体管调节器

上面几种装置都涉及到电机要有一个用电磁线圈磁场。假如磁场是一个永久磁铁，则调节方式就完全不同，是用电流来起调节作用，用一个可控硅把电流分成很窄的分段以得到适合于充电用的平均电流。下面将专门予以介绍。

截流问题

交流发电机原则上是不存在截流问题的，因为这种发电机用的是只能通过单方向电流的整流器，这种讲法是不十分严格的，因为忽略了磁场线路仍可接到蓄电池上，可以获得几个安培的电流。有三种解决方案可以避免这种放电电流：

1. 在蓄电池的线路中插入一个隔离二极管，二极管的一端是整流器总成和磁场线路，另一端是蓄电池(图18)。二极管并联有一个电阻，便于激磁且可避免在停车时有大电流放电(这只是在切断磁场线路之前的一个谨慎措施而已)。

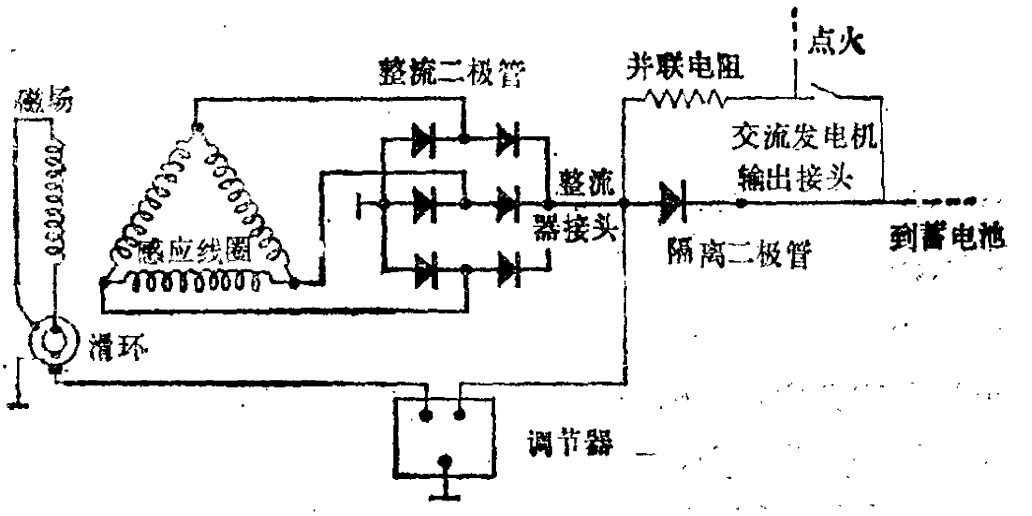


图18 隔离二极管

2. 用点火开关切断和接通磁场线路，可以直接操纵(图19)，也可以通过继电器(图20)。应该注意不要把这种继电器与逆流继电器相混淆，前者是手动的而后者是自动的。

3. 在用交流发电机的电压控制接合时会引起断路，但这种特殊型装置与传统的直流发电机逆流继电器有区别。逆

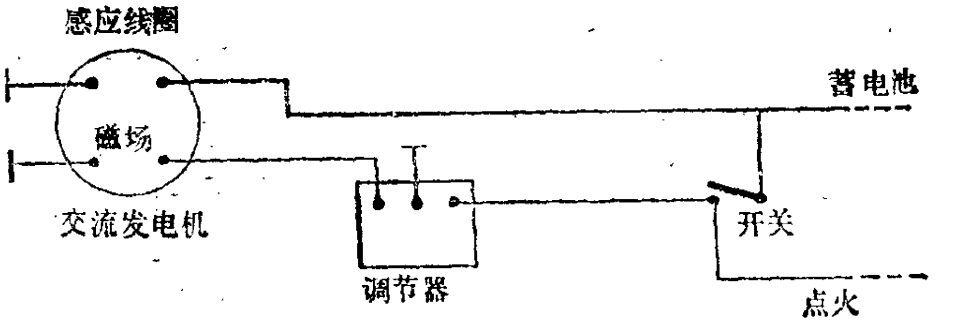


图19 用点火开关控制

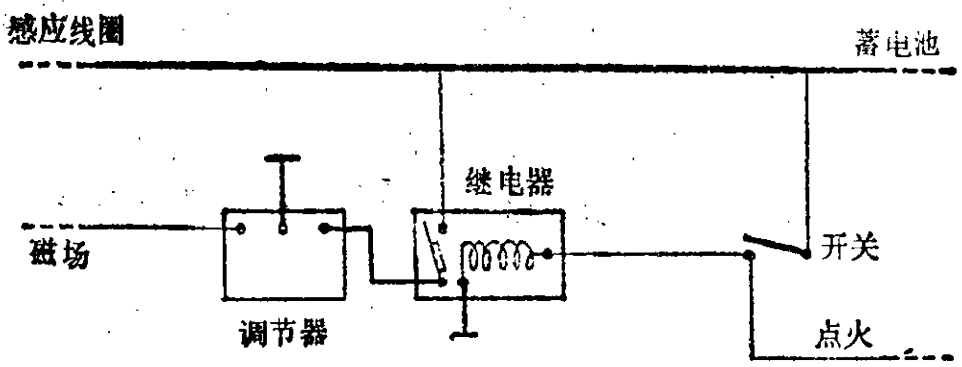


图20　用继电器控制

流继电器在直流电机的情况下是用反向电流来切断电路的；在交流发电机中则是用交变电压或定子的整流后的电压使继电器来实现闭合和断开。图21是这样一种装置（一个简单的单相交流发电机的情况）：一旦定子上的电动势加到用于磁场线路的一条分路上，继电器就使线路接通，首先是使磁场绕组的供电加强了。蓄电池只是在交流发电机的电动势比蓄电池的高且使整流器导通的时候才充电。当交流发电机将停止工作时，充电电流由于整流器的原因即将停止。当交流发电机接近停止时，电动势很弱，继电器就切断磁场电流。还有一些更为复杂的装置：当用三相定子的情况下要有一个专门的二极管组合件向继电器供电(图22)。

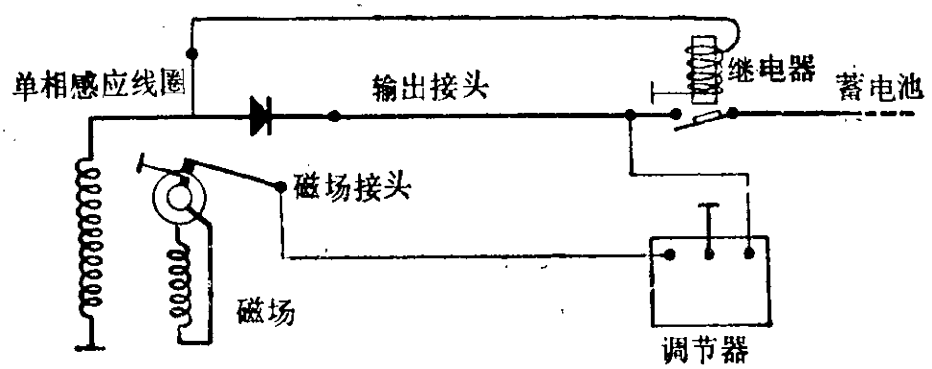


图21　接合继电器

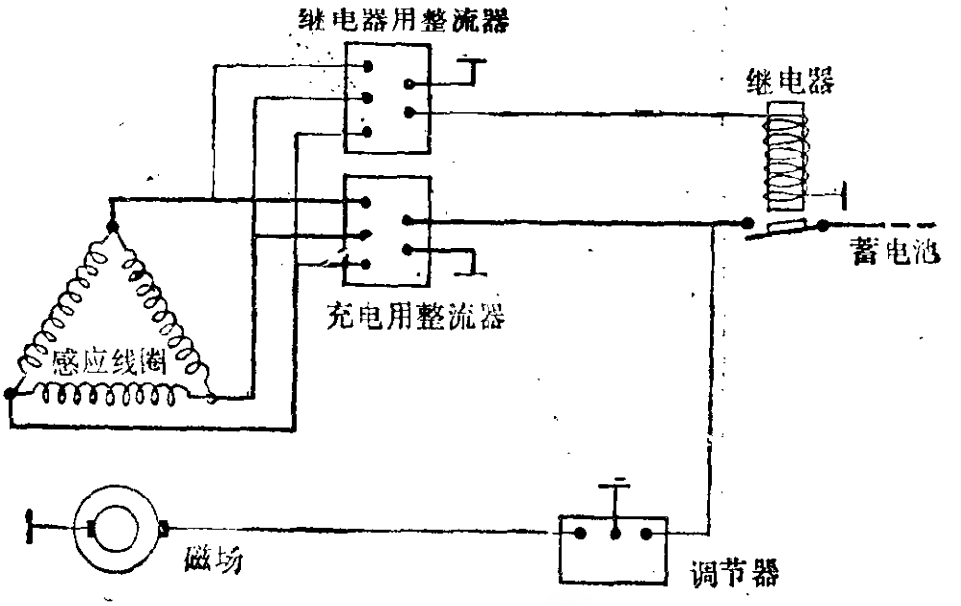


图22　用继电器专门供电

电 气 特 性

汽车用交流发电机的电气特性与直流发电机是相似的，都有如下两条特性曲线：

1．表现在给定的电压下电流和转速关系的特性如图23所示的形状。在该图上再加一条直流电机的曲线以作对比，这些曲线都是在全磁场强度下作出的，也就是说未加调节器。

2．表现为电压与电流关系的调节特性(图24)，或者相反即电流与电压的关系（这种关系一般是在直流发电机上采用)，这时加有调节器。要注意的是电压坐标不是从0开始。按直流发电机所采取的方式，接有蓄电池则不会出现很低的电压。同样要看到这条特性曲线是圆弧形。在直流机中这条调节曲线是一条折线，因为调节器电流限制是突然作用的，而在交流发电机中的电流限制的作用是由内部因素逐渐产生的。

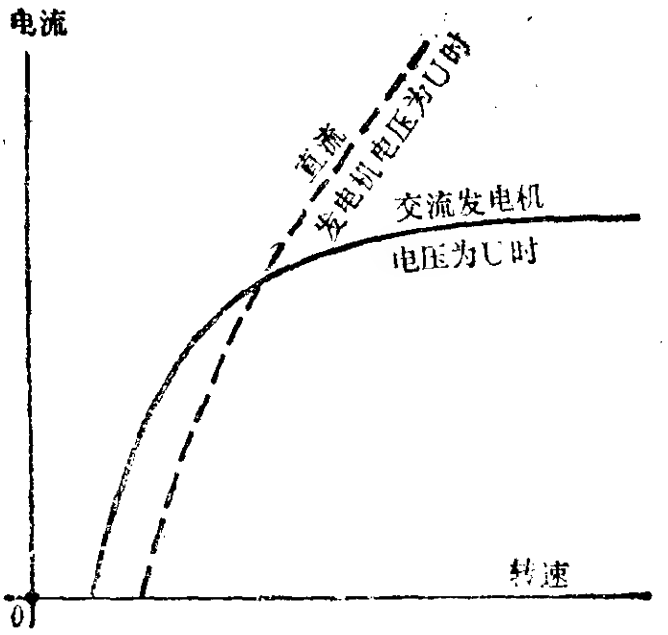


图23　电流与转速的关系曲线

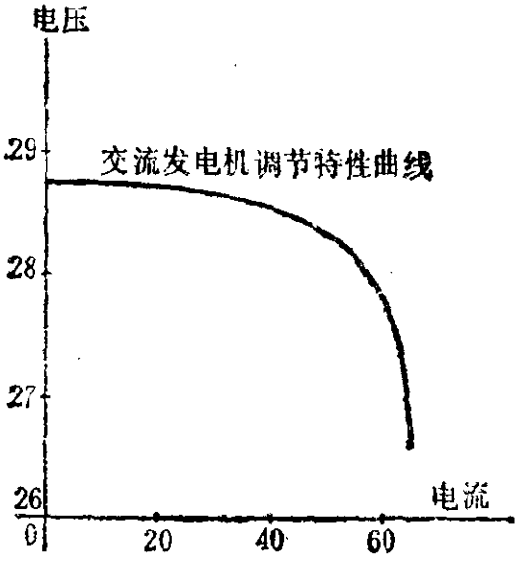


图24　电压与电流的关系曲线

总的布置

图25是一个总布置图，图中有一个指示充电电流平均值的电流表。这种布置与图19的布置有关，实用的布置图要取决所使用部件的结构情况，比如调节器和继电器以及汽车上

的一些特殊装置等结构。

必须预料到的是会碰到一些重要的不同装置的细节问题，例如根据制造厂家所采用的附件和提供的装置，可能调节器会有3，4，5个或更多的接头。

某些装置没有电流表而有一个信号灯，当接通时灯亮，当交流发电机有输出时灯灭，通过继电器闭合或通过电流穿过隔离二极管时信号灯即被短路。

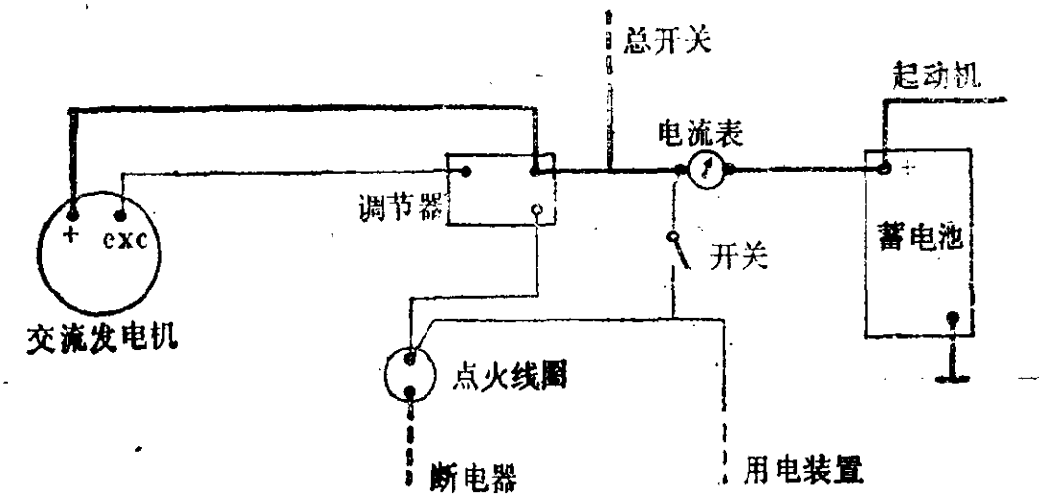


图25　总布置图

当然也可以设想，在继电器闭合，即交流发电机有输出时灯亮，这只要事先规定即可。

用交流发电机替代直流发电机

从两个方面简要地介绍这个问题：

1．交流发电机机械方面的布置是按制造厂规定的固定和调整装置，包括有一个驱动皮带张紧程度的调整装置。

2．电气线路的布置，大部分导线都可以利用。交流发电机放在原来直流电机的位置，利用原来的二根线，调节器也可放在直流发电机的逆流继电器的位置，其接线头的数目

是完全一样的。虽然这样对安装是很有利的，但要十分注意与老线路的不同部分，在此不可能一一列出，因为有些细节问题可能有一些变化。

在做这项工作之前要切断蓄电池的线路，在装好后接上蓄电池之前应仔细检查安装情况是否符合制造厂的说明书，务必记住电气线路不允许有一点接错，也不允许有极性接倒的现象，更不允许违背制造厂禁止的操作规定，比如，用外界充电机对汽车上蓄电池充电时没有切断交流发电机的线路，这一点至少充电机制造厂也会明确规定是不允许的。

多个交流发电机与多个蓄电池的组合工作

由于电工技术的灵敏性，因而可以研究并实现在一些特殊情况下应用一个或是多个交流发电机和一个或多个蓄电池组合工作。组合的不同方式是数字上的不确定，下面提供最通常的分类并在以后的文章中做详细介绍。

1．一个交流发电机和一个蓄电池。这是一种标准式的，直到目前发表的文章中涉及这个问题又多且广，以下的三部分中涉及到的也是最通常的这类问题。

2．一个交流发电机和多个蓄电池。采用这种组合是为了使用方便或安全，在某些特定要求下有效地使用不同蓄电池。在以后的文章中将可见到。

3．多个交流发电机和一个蓄电池。这是以一种重要方式根据不同情况改变对蓄电池的充电，可以多个交流发电机（一般是2个）使用同一个蓄电池，这对带有整流器的交流发电机来说是没有什么困难的。

4．多个交流发电机和多个蓄电池。可以有许多种组合的情况，例如可以将上面讲的1、2和3中的情况组合起来。

这种组合是可以互相独立也可以互有联系的。

在多个交流发电机时，电机本身可以是这样的：

1．各交流发电机之间是互相独立的，也就是有其各自的外壳、转子和定子，只是有其他部件的组合例如调节器。

2．多个交流发电机只有一个共同的外壳，但各有各的转子和定子。

3．交流发电机组合体只有一个转子和定子，但在定子上的绕组(假如是三相)分成2个(或者更多)。一个绕组有一个单独的桥式整流器，开始充电转速和输出是不同的，这时组合体的输出是与转速有关。这里不要把它与有几个绕组的交流发电机相混淆，因为这种电机中的几个绕组的工作不和转速有关，而是按照输出电流的情况来定的。

三、换向器和整流器

磁电机械或发电机械

这是一种以电磁感应现象为基础的发电装置，也就是一个磁场和一个线路之间有相对位移。如果磁场是永久磁铁产生的，这种装置叫做磁电机械；如果磁场是由电路产生的，就叫做发电机械。前者从用天然磁场方面来称呼，后者从用能源方面来称呼，当然还是应该尊重习惯用法。

磁力线横穿过装置上相适应的一些线路时的变化才产生电动势。当这些线路与外面一条线路相接时就能给出电流，这种电动势是交流性质的，实际上，这种磁力线的变化一般是由于线路在一个固定磁场中移动位置所产生的。设想穿过固定形式线路的磁力线在二个极性符号相反的最大值之间变动，由于磁力线的方向是可变的，结果只能产生一个交变的电动势。

为了要得到有固定方向和固定值的电动势，可以设想一个有方向的磁场，此磁场总是与静止的线路的方向相同，而磁力线的变动是由于磁场强度的稳定地增大而引起的，但是这种设想没有任何实用意义，因为磁场强度不可能达到无限的值，必须抛弃这样的设想，这种设想只在变压器上使用而不能在发电机上使用。

再回过来看发电机，它包括两个部分：

——一个磁场线圈，产生固定的磁场(或大致固定的)。它既可以是永久磁铁(在磁电机中)，也可以是用直流电的电磁铁；

——一个感应线圈(电枢)，在其中产生出电动势，如果有一个成回路的线路，则可感应出电流。

移动位置是运用旋转，这在连续运行的装置上能最方便实现的移动，即使是相对的移动，也有两种方案：

●磁场线圈不动而感应线圈转动；

●磁场线圈活动而感应线圈固定。

不动部分可以叫做定子，活动部分就叫做转子*。

选择是按照实际情况进行的，但原则上要求能使最坚固的部分可以转动(要注意直流发电机是一个例外)，而能让承受最大离心力的部分不动。

为了进一步研究，现以有名的格拉姆(Gramme)装置的形式为例，在图26上画出二个部分，将换向器除外。感应线圈是环状的，这是目前已不使用的一种形式，但是对于说明问题非常实用。磁场线圈假定是双极的，也就是说感应线圈分成两半放在垂直与磁极线的 AB 线的两边，每一半都有固定的电动势和相反的方向。虽然由于转动的关系不会总是有相同的线圈匝数，但每一匝数从本身考虑均可认为是处在交变电动势中，因为感应线圈的两个半边是连续的(图26)，电动势由图上的箭头所表示。

假如要利用这些电动势，最简单的方法是取两个在直径方向上相反的电流，但是象这样不可能与外面线路相连结的，

---

* 定子和转子在交流和直流发电机中其原理有完全相反的意义，在以后的文章中，请读者注意区分——译注

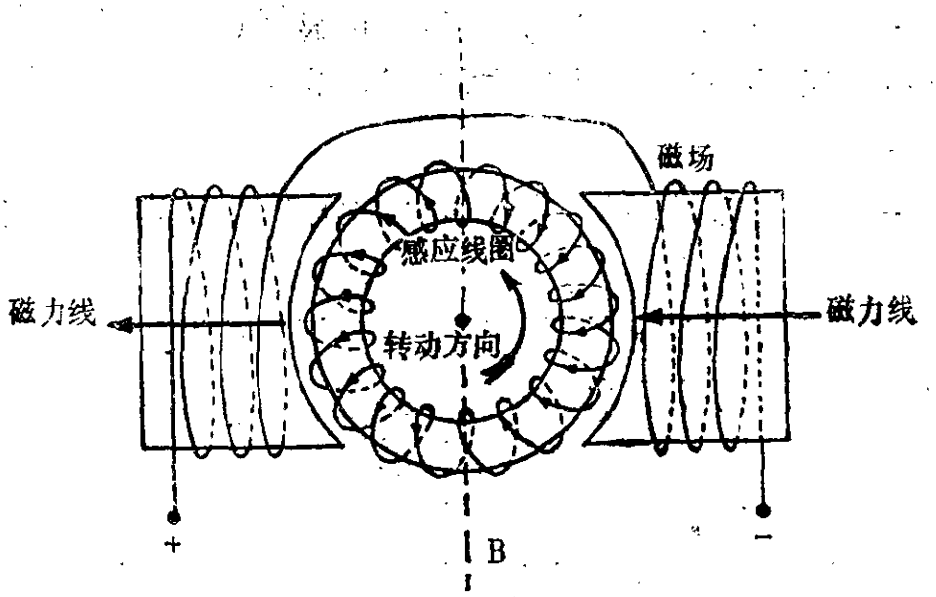


图26　格拉姆(Gramme)装置(无换向器，无电刷)

因为这些引线要缠绕起来。通过使用两个滑环聚集由绕组中所产生的两部分电流和两个以一定方式紧压在上面的电刷(图27)，既可达到与外面线路相连结。图28已给出在二个电刷之间感测得的电动势的形状，这是一个交变电压，很明显，滑环和直流发电机的换向器没有任何相似之处，换向器不是一个整的圆柱形，而是由互相隔开的薄片组成。

图27表示一种类型的交流发电机，而未表示出用直流电

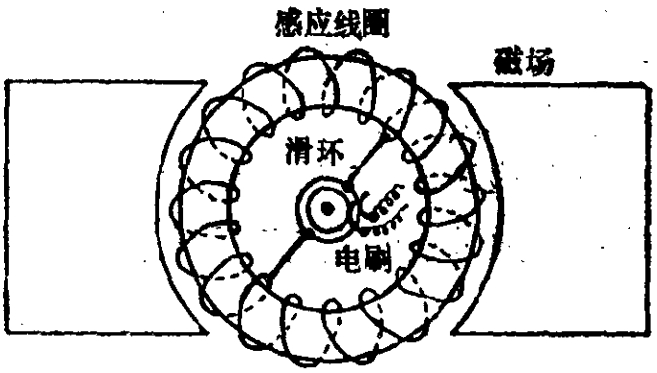


图27　一个交流电压的环形发电装置

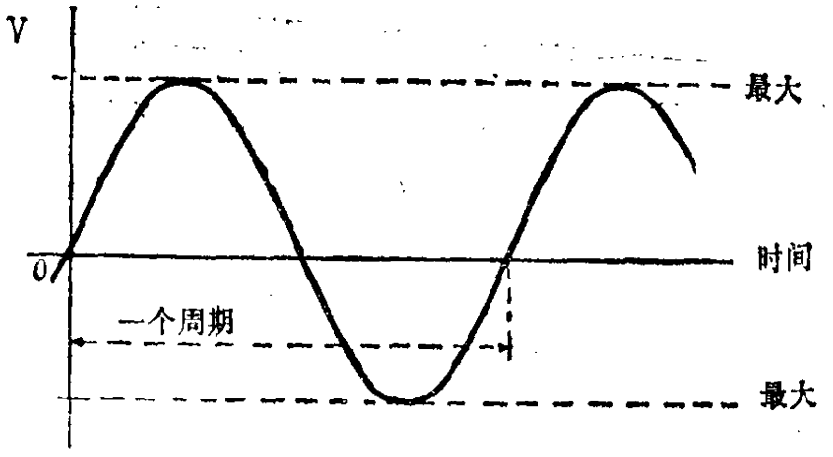


图28 交流电压

供给磁场线圈的激磁装置，但要考虑它是否适合使感应线圈不动而使磁场转动。从电气连接观点来看，采取这种方法没有什么好处，因为假如感应线圈的静止是可能取消图27已表示出的滑环和电刷，那么磁场的转动会导致采用滑环和电刷以供给电流，除非它是能用永久磁铁来替代。在后一种情况下很明显有个优点，既改变选择的转动部件的电流方向，但是，在使用电磁铁作为磁场时，改变电流方向呈现的优点是使一个电流很小的支承件转动。在工业上用的交流发电机中，感应线圈一般是由不动的定子构成，并安置在磁场(或转子)的外圈。

再看图27就象一个加上很小的一点直流电就能产生一个交流电压的原始的发电装置的样品。这种装置的原理在电气技术工业上有了很大成就，因而完全有理由需要发展。这之间需要注意的是：发电装置要简单和坚固，电压的变换和输送要方便，电机结构要简单……当然这些要求在工业材料上特别重要，但对汽车电气并不具有完全相同的价值。

从开始有发电装置的概念时起，人们就感觉到需要一个

固定的电动势，最低限度是要方向固定。一方面，由于这样可以获得以下一些好处：蓄电池充电、电镀技术、带功率离合器的马达等等；另一方面也因为直流电的概念更自然，更接近于人们所熟悉在管路中的流体。还有一方面是因为直流电的理论比起交流电的理论更为简单。

从我们的汽车电气技术人员不太严格的观点来看，只考虑如何从图27上原始的交流发电机过渡到汽车上实用的交流发电机。

换向器和整流器的引用

为了避免在图27装置和图28的图形中的电动势反向，可以设想用图29上的两个半滑环来替代相关排列的尺寸相同的两个滑环（在图27上为了说明方便，两个滑环的直径画得不一样），或者只用相对直径方向的两条细线将两个半圆环组成一个整环，这两个半圆环从中间用线联结到感应线圈的直径相反方向的两个点上，并假设两个电刷安置或垂直于磁场轴线的方向上（总是设想这个装置是双极的，但是上面所说的是适合于有任何极数的装置）。

因此，这种装置就产生了图30所表示的电压图形，可以

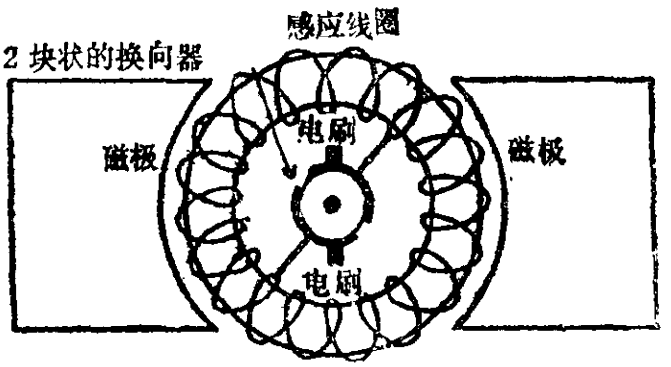


图29　最初的机械整流器

将它们看成是图27滑环装置的结果，把这两个滑环装到一个机械系统，使两个电刷在感应线圈每转半转时对换一下。

这种装置系统并不是纯粹理论，根据这个原理已经有用两个半滑环作为基础的一些机械整流器。

这个装置即使没有很大实际好处，按我们的看法，还是相当有益的。因为它是在换向器和整流器之间的差别，且在这两者之间以某种方式标出不同之处。

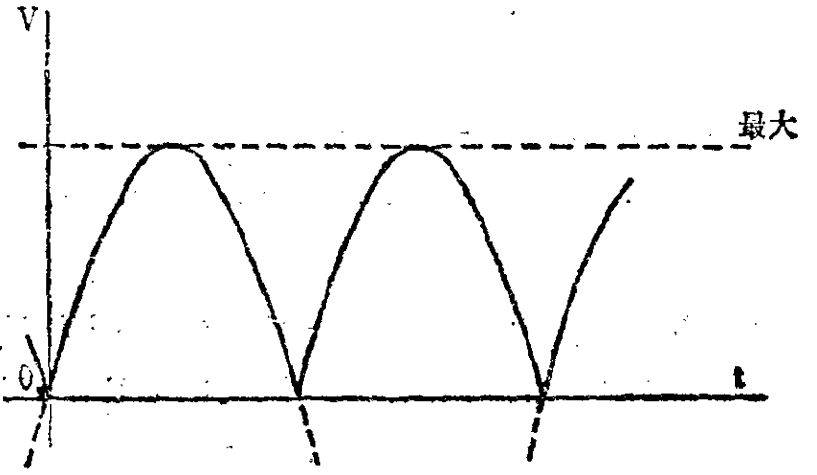


图30 整流后的交变电压

将一个换向器的环做成许多段并使其互相之间隔断，当薄片的数目不很少时可得到波动电压，当数目很大时实际上可得到一个稳定的电压(图31)，但这是以换向器制作的复杂

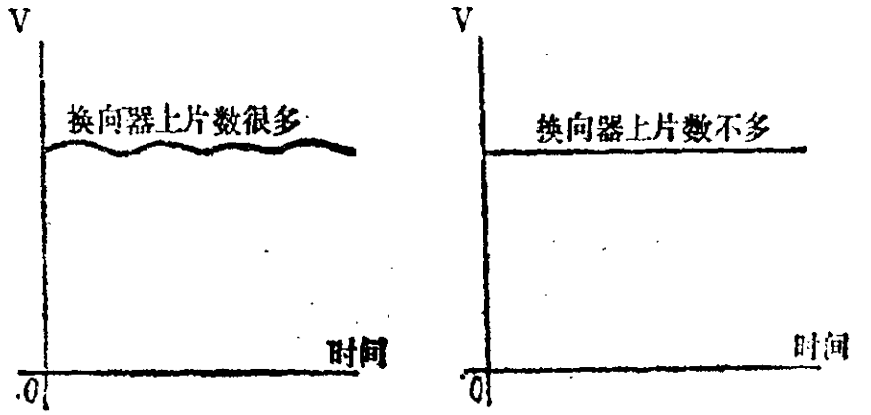


图31 换向器和电压

性且带有不良后果为代价得到的。其不良后果是：加工复杂，电刷磨损，需要定期保养，由于切断回路（关断作用）引起的自感电势产生的火花，从而减弱抗离心力。

但是，是否可以说这里提供的运用性能的机会正反映了移动相对性的特点，即让感应线圈不动而让磁场转动。但是这样做并不妨碍使用换向器和在其表面上相对滑动的炭刷，同时也并不减少使外圈部分转动的困难，更不妨碍减低电刷压力的离心力。这样，可以把转子（磁场）放在里面，而将换向器做成一个空心筒状。但可能又遇到另外的困难，只有感应线圈做转子，磁场做定子放在外面才是完全成功的方案。这是在无数个实际使用的和尺寸各异的直流电机工作中证实了的。

既然有了一定了解，再对图27和图29作一点推论性的说明。换向器是受到一定限制的，就是说，当薄片数目增加时，尽管换向器在转动，但总是显现出一个不动的图象，其线路也好象是不动的。因为它们实际上是由不同元件相互代替的快速作用所形成的。这种固定状态可以将电刷安置得使在电刷之间的电动势总是同一方向并且总是具有相同的值，而这时在组成的线圈中电动势的方向和大小是在变动的。

在交流发电机中，不管带或没带整流器，图形不会是一样的，电刷取得的是改变图形的电压，因此，它们只能提供交流电，除非安有专门装置的机械的、电气的或电子的装置，对于输入定向和组合未作安排（见以后的多相装置），以便总是利用电压在同一方向而且波动尽可能小。

在交变电动势的整流方面用换向器很明显是不适宜的，即使有一种象图29那样的两个片的换向器，运用阀或活门的原理也是不适宜的。当换向器装置切断回路时，在机器的内

部造成线路切断状态以得到所期望的方向的电动势，而阀使机器产生一个交变电压，但仅仅在合适的方向上才能让电流通过。

直流电机与气体或液体涡轮机相似，后者是建立一个物质的连续流动状态，而交流机如同一个活塞泵。所以，在电子阀这一范畴出现之前，以现在出现的相类似阀与用液体活门来作比较，当然这样的比较在概念具体化和引用存储的方面总是有一点曲解。

类似于液压

假如取一个没有活门的泵(喷雾式)，如图32Ⓐ那样，可以看到活塞的运动在管子中可以引起液体来回的移动。如果要液体总是向一个方向移动，必须安置一个活门，这就产生图32Ⓑ。为使液体从管子中排出，仅能利用活塞移动的一个方向，另一方向的移动所产生的压力可作另外的用途——吸入。

可以采用四个活门来完善这个装置。

活塞两个方向的移动都用于管内液体的流动方面，除了

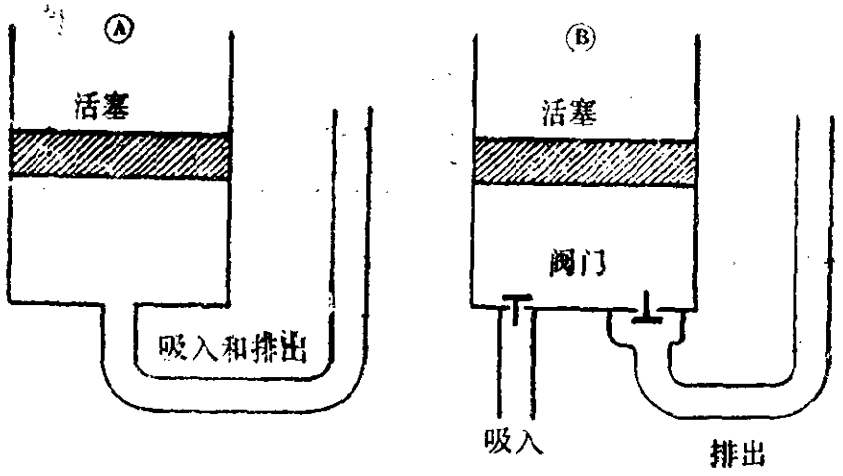


图32　原始的泵

活塞在改变方向所产生的短暂停顿时间外，液体一直是在管子中连续流动的，这是双向作用泵(图33)，用电和阀同样可以得到极相近的装置。

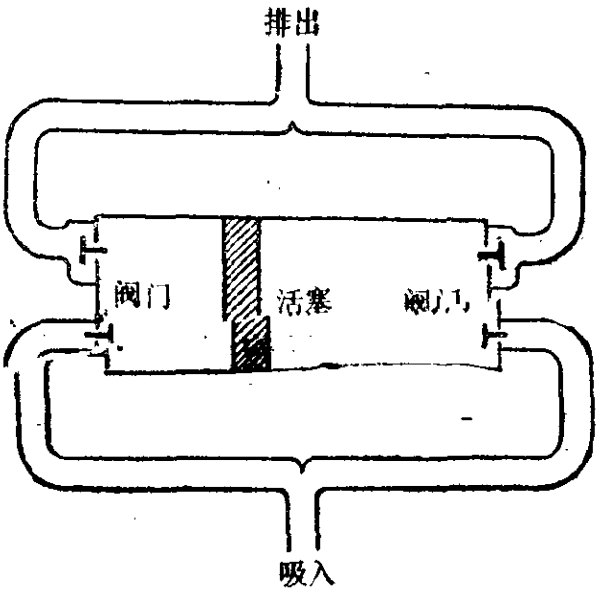


图33　双向作用泵

阀的结构

阀可以是机械式的。如果图34中A和B接头之间有交变电压，那么在C和D接头之间可以得到总是同一方面的电压。如果再加上图中所表示出的转动的分配器，该分配器有接近圆周一半的扇形面是导电的(用粗线表示)。假如以电流周期一周为依据来转动分配器，又假如炭刷的安置对分配器是合适的，可以在C和D之间得到半个电压周期，这个周期可提供所期望的方向的电压。图35表示出的正是这些半周电压。当图32Ⓐ与图28相一致时，用图32Ⓑ则可很容易看出其相似点。

这样的整流器有一些换向器的不良现象如火花等等，因而必须加进一个同步联接，这样，就是一个复杂问题了。

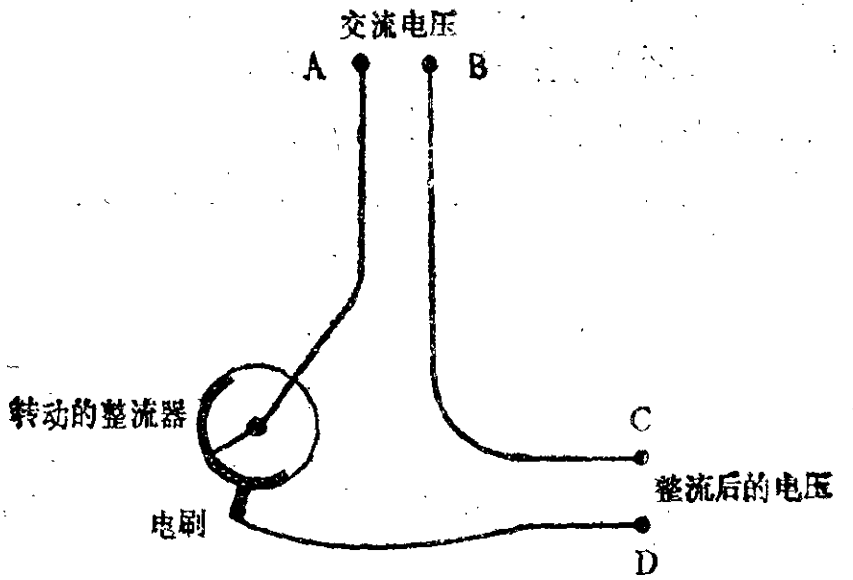


图34　用于一半交变电压的整流器

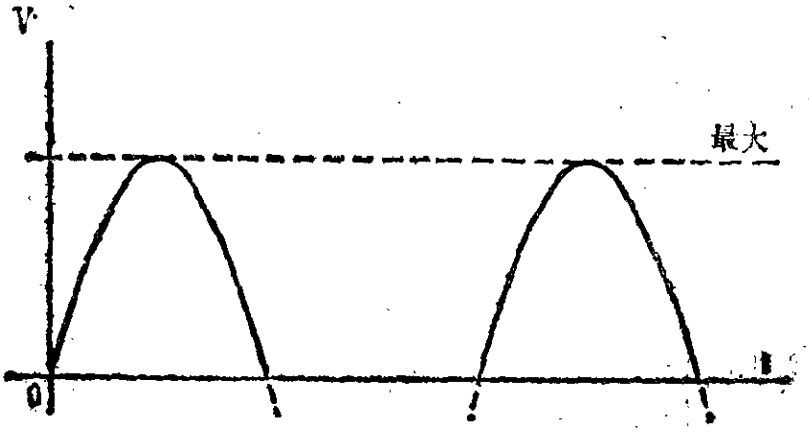


图35　使用仅有一半交变电压的图形

因此，需考虑另外的选择。显然，考虑到现有的多种型式的电子整流器或二极管在图36中应用了传统的标志，即：用一条很短的垂直细线与一个三角形的尖端相接触。电流只能从三角形向短垂直线方向流动，也就是三角形表示出来的箭头方向。

在图36上表示出来的是最基本的接法，但只使用于一个交变电压。

假如使用图37所指出的桥式装置，则可以用于两个交变

电压，这种装置包括四个二极管，很明显看出这四个二极管极象图33中的四个阀门，按照交流发电机感应线圈中电压的方向，电流不以这一方向即以另一方向通过这些二极管，以便在使用的回路中提供总是同一方向电流。在两个使用端之间的电压的变动如图30所示的一致。

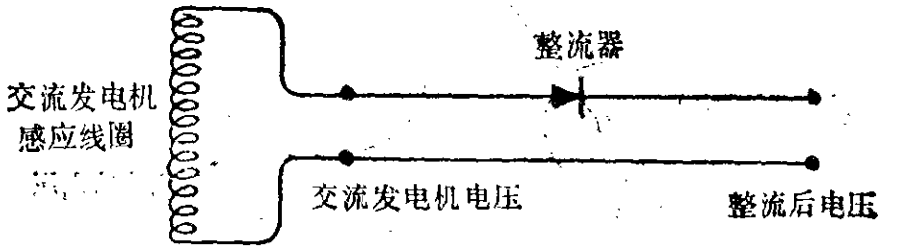


图36　使用一半交变电压的整流器和交流发电机

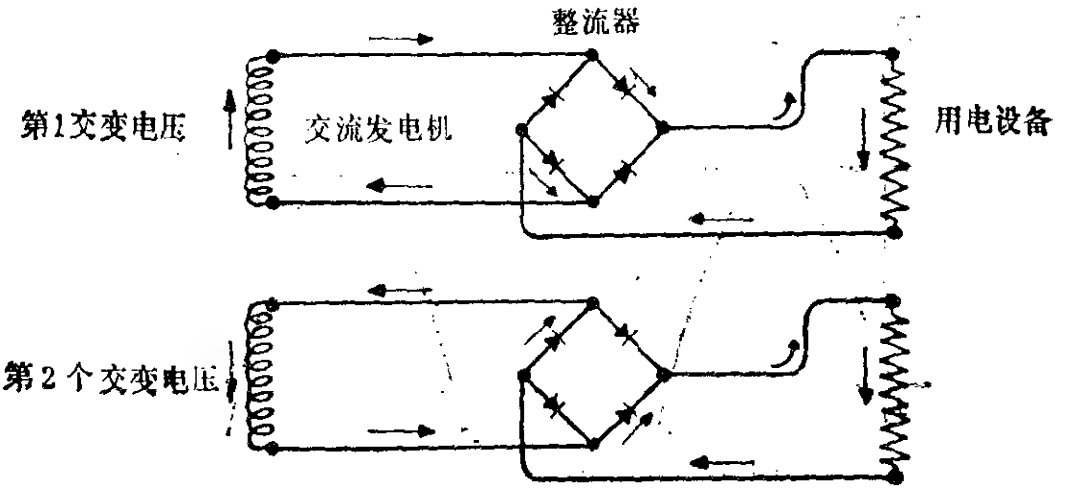


图37　双向交变电压的整流

但是还可以使用多相电流来继续改善电压的稳定性，这些同时发出的电流的最大值是错开的，因而可以使用城市供电网中使用的三相电。象单相电一样也可有三种方案：

使用这些相的每一相的半波，这样就产生了图38上的接线和图39上的电压波形。当使用的二极管不是三个而是六个时，就可对每个相的两个半波进行整流。图38、39的图形就由图40、41代替了。这里设想的三个绕组都是星形接法。要

以三角形连接时，则其线路如图42，但是电压波形图还是图41那样。，在图38上的三个二极管的线路连接则不能用三角形接法，因为不知该如何处理返流回来的电流。

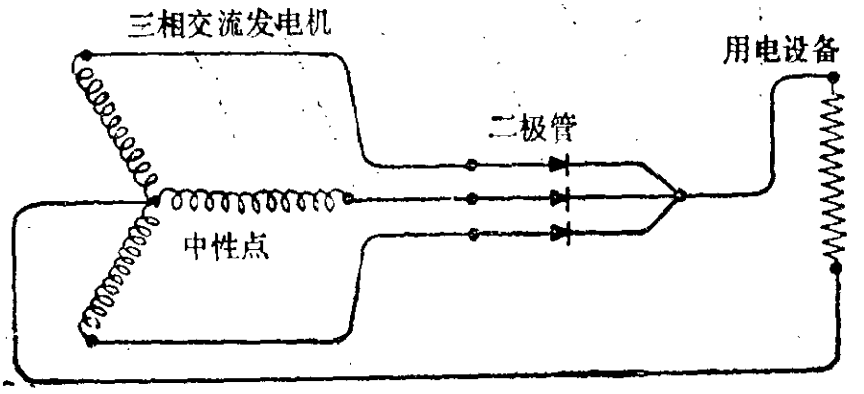


图38　三相电压和仅用一个交变波形

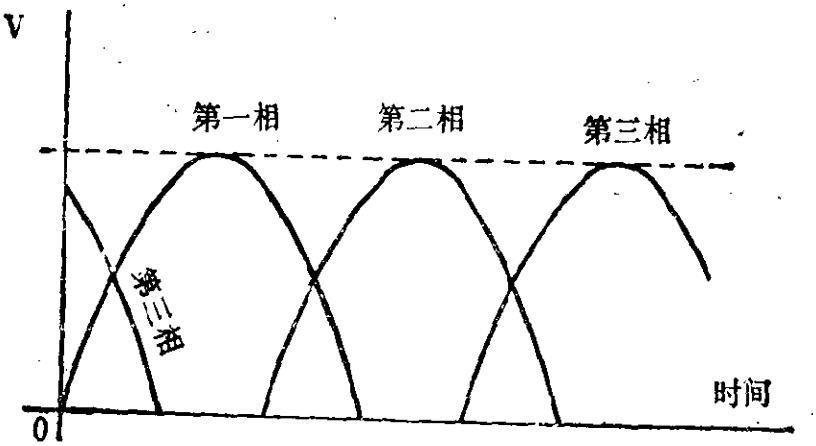


图39　仅用一个三相电压的交变波形

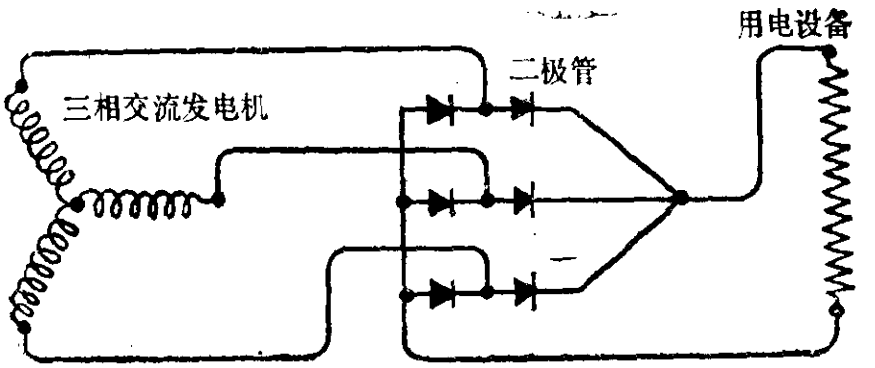


图40　三相电压和利用双向交变波形

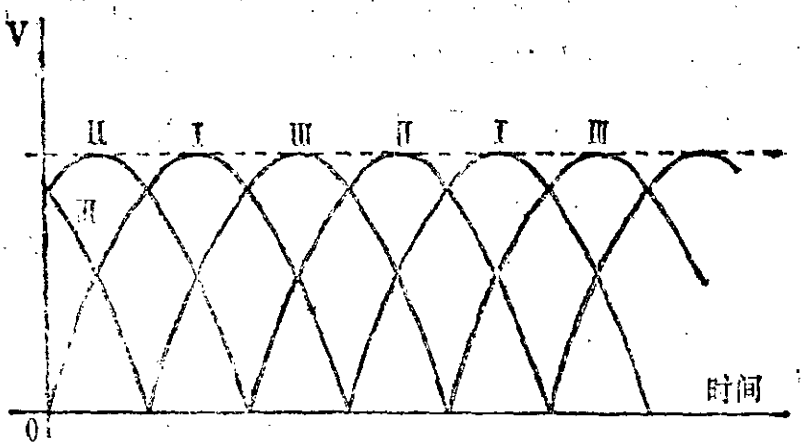


图41　利用三相电压的双向交变波形

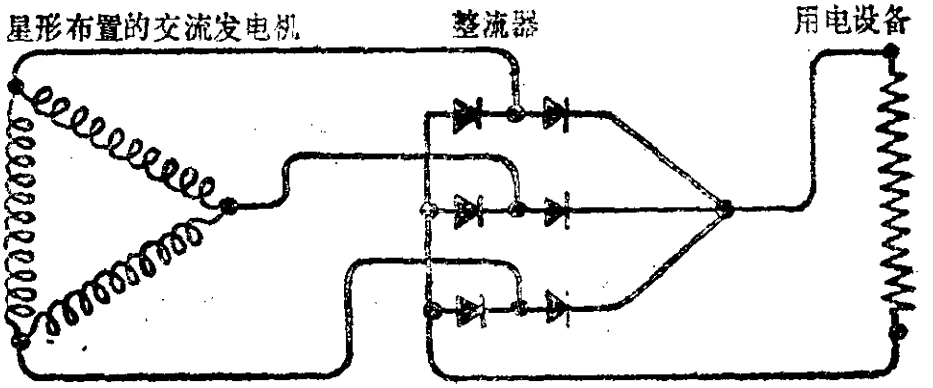


图42　三相布置情况和利用双向交变波形

可以看出使用三相整流后的电压的连续性可获得改善，相数增加可以进一步改善。另外，要以三相为基础借助于在绕组上的中线可得到六相。

蓄电池的充电

对蓄电池充电，不仅电压要有一个理想的方向而且还要有一个超过蓄电池电压的电压值。现在，从电压的图形来加以说明。

用一个单相且仅是半波，象图43那样，图上纵坐标是两个，一个表示电压的大小，另一个表示电流的大小。只有在

发电机电压高于蓄电池电压时才有电流，只有在不到一半的运行时间内才有电流输出。

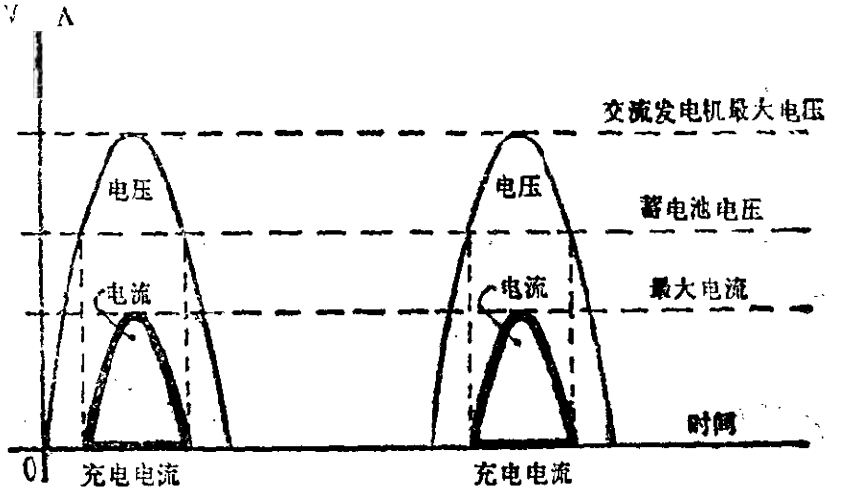


图43　利用单相电压的唯一交变波形情况下的充电电流

如果整流的是两个交流波形(图44)，在运行时间内的线路电流可以大大的超过一半。

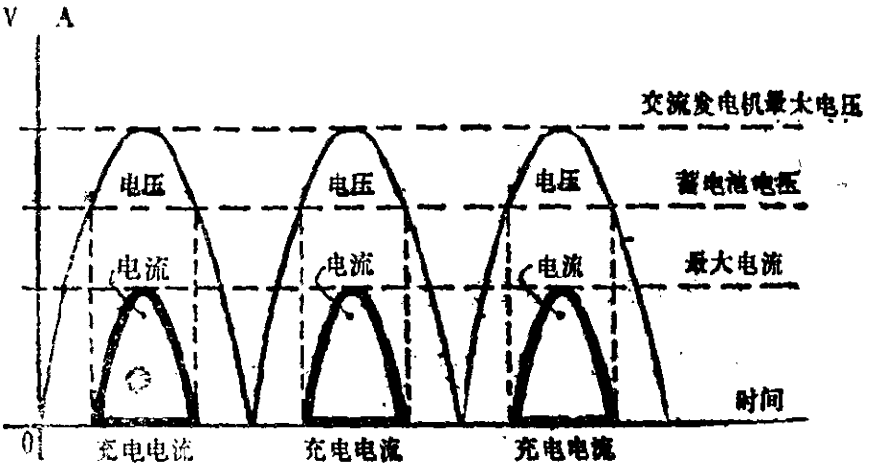


图44　利用单相电压的双向交变波形情况下的充电电流

用三相电又有进一步改善，仅用一个交流波形则可得到图45的波形，这里可以证明总在充电状态且电流是脉动的。

如果对三个电流的二个交流波形进行整流，这就是图46

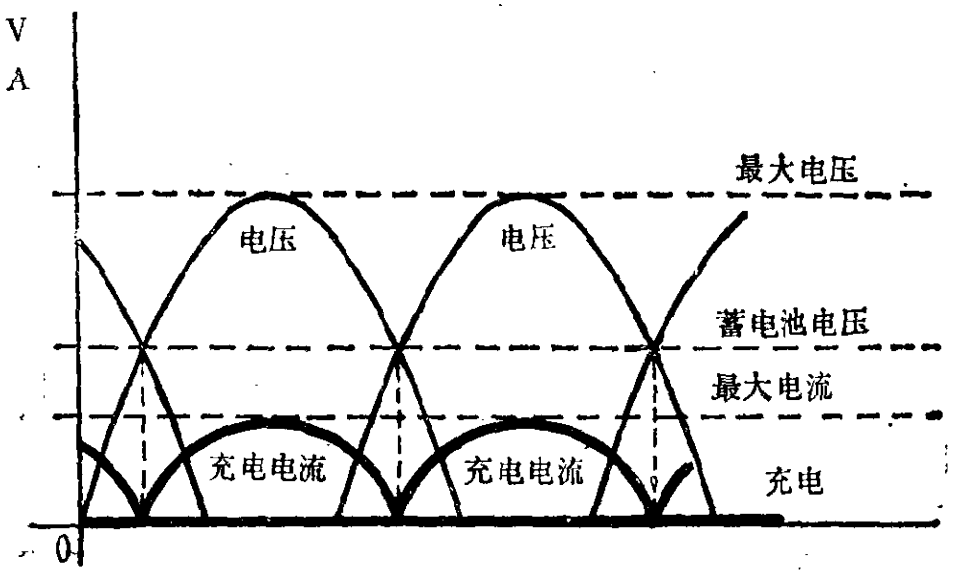


图45　利用三相电压仅有的一个交变波形情况下的充电电流

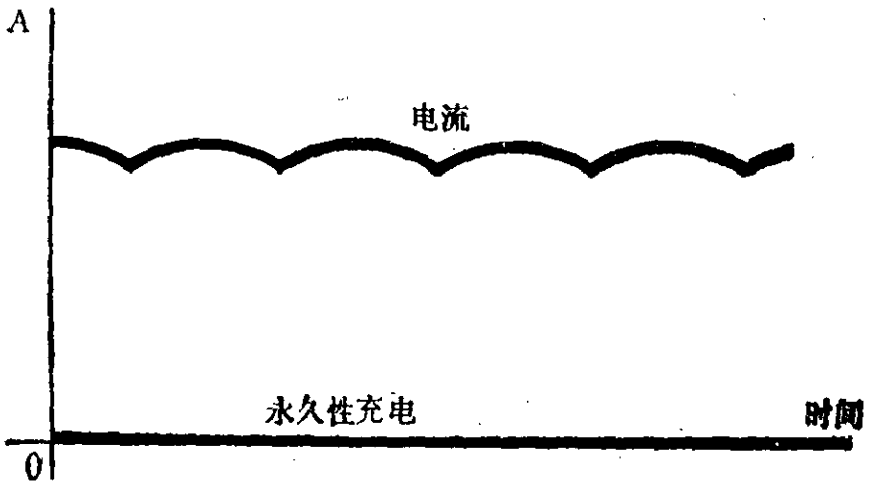


图46　利用三相电压的双向交变波形情况下的充电电流

表示的，必然变成直流电（为避免图形太复杂，上面没有表示出电压的图形）。

结　论

整流器的技术象其理论一样达到了一定水平，它们效率高，能承受高温，并可取消截流器。自交流发电机问世以来，在汽车上使用小型电机一直是个问题，现在提出使用铁氧体

来解决。整流器的调节要有专门的技术，此外，也可借助于直流发电机上电压调节器来调节。不过，晶体管终久会可以使用的。

电气设备制造厂安排一些有利于解决这个问题的一些部件的生产，交流发电机已属正式设备，并可取消直流发电机，同时显出了其本身特点：绕组减少、坚固适应、高速旋转、适应调节并适应低速高输出的特点。有了蓄电池和起动机，直流发电机不再是一种威胁了。毫无疑问可以从交流电取得电能，同时蓄电池保存直流电而且一直使用。

四、汽车交流发电机的分类

分类的要素

只有分类的项目具有共同的要素或共同的功能才能做到合理的分类。而一个项目因其性质或重要性引起功能或要素的变化而可以成为另一个项目，所以这些变化能作为分类的基础，我们采用下列一些功能项目作为分类的要素：

——电流的产生；

——电流的整流；

——调节；

——安全。

这个顺序显示出它的逻辑性：首先是电能的产生，因为它涉及到发电机；其次是整流，因产生出来的电流要用来"储存"在蓄电池中，因缺少直流电，只能是整流后的电流；调节问题属于第三位，为使用可靠，在合理运行条件下，输出值要与需要的相适应且不受发动机和汽车的速度的影响；最后象包括有一个蓄电池的复杂装置一样，由于器械精密可能容易损坏，必须有自动保护装置，防止无用的或有害的放电。现在按顺序介绍这四个方面。

电流的产生

交流发电机从字面上理解是一种利用磁场感应现象的

电-机械的发电装置。象直流发电机一样包括有一个感应线圈和一个磁场，二者之间相对移动。

A．感应线圈方面应该考虑其活动情况，相对于磁场的位置及电气结构：

（1）活动情况：感应线圈可以是不动的，这时通常称为定子，当然也可以做成可动的。假如它是固定的，那它产生出的电流可以既不要电刷也不要滑环即可取得。假如它是移动的，理论上讲需要两个电刷和两个滑环，或者在多相电流时需要更多的电刷和滑环。

（2）把感应线圈放在电机的中间或是外面：第一种情况，它是一个实心的圆柱形就象直流发电机的电枢*那样；后者则是一个中空圆柱，线圈绕在内表面。

（3）电气结构：感应线圈可以有一个或几个绕组，假如只有一个这是单相的，如有多个则可有多种情况：

a. 可以按条件进行各种可能的组合（详见下面G(2)的介绍）。

b. 可以是不同的永久性组合，专用于多相（电机的）电流的产生（主要为三相的）。这些电流特别有利，当把这些电流整流和组合起来可以得到与直流相当的只有轻微波动的电流。三相绕组可以按传统的星形和三角形两种布置法接线。每相绕组都有两个单独的线头和接线柱，如果是活动的感应线圈则不是接柱，而是所谓的滑环和电刷。这些绕组可以是互相间连接也可与机壳在内部相连接。按前面讲的（1），（2）和（3）条可选择出各种适合要求的连接组合，例如可以有这样一种电机（实际上是有的），感应线圈是活动的（1），并在

---

* 这里指直流发电机带感应线圈的转子——译注

电机的中间(2)，是三相的(3)。一种最通常的组合是：感应线圈是固定的(1)，放在电机的外面(2)，三相(3)。在摩托车上可以看到的是：感应线圈是固定的，在外面，带有按照装备使用需要进行组合的多个绕组。

B．磁场方面必须考虑其活动情况，在电机中的位置，磁性的产生及磁极的结构：

(1)活动情况：磁场与感应线圈的活动总是相对的。磁场就象感应线圈一样，可以是活动的或固定的。当它是活动的时通常称为转子，这时用线圈则必须要带有滑环，一些特殊装置除外。

(2)磁场可以放在电机的中间或外面：每一种可能放的位置显然要与感应线圈相反。

(3)磁性：可以这样来产生：

a. 由永久磁铁；

b. 由磁场线路中的线圈。

第一种方法，目前是在富有铁氧体的材料中所得到的，在一些小型的和粗糙的电机上可以看到*。那里可能连一个绕组都没有，但它可以有多个绕组组合，按照一些要求用不同的连接接到装置上。其中一个绕组可能与输出串接起来使电机成为复激。

(4)磁极的结构：磁路可能有两个结构：

a. 可做环绕一个中心的辐射方式，磁力线垂直于轴线，如有磁场线圈其绕组的平面则平行于转动的轴线，图47中的虚线箭头表示出这种磁力线，面对着感应线圈的磁极断面大致是矩形的。假如磁极是永久磁块，则可不要任何凸台。

---

* 指70年代初的情况——译注

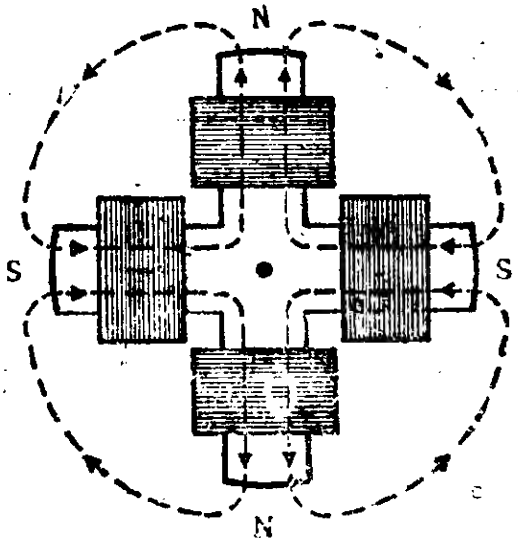


图47　一个磁极，一个绕组的磁场图形

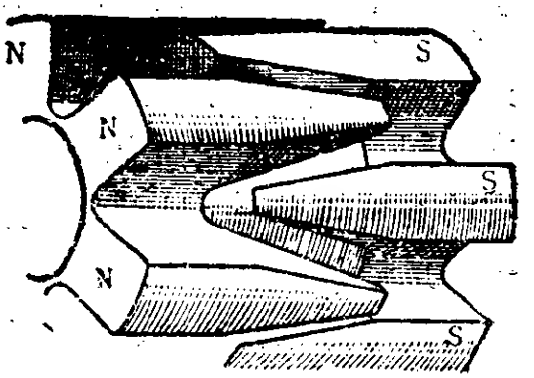


图48　爪形磁极的透视图

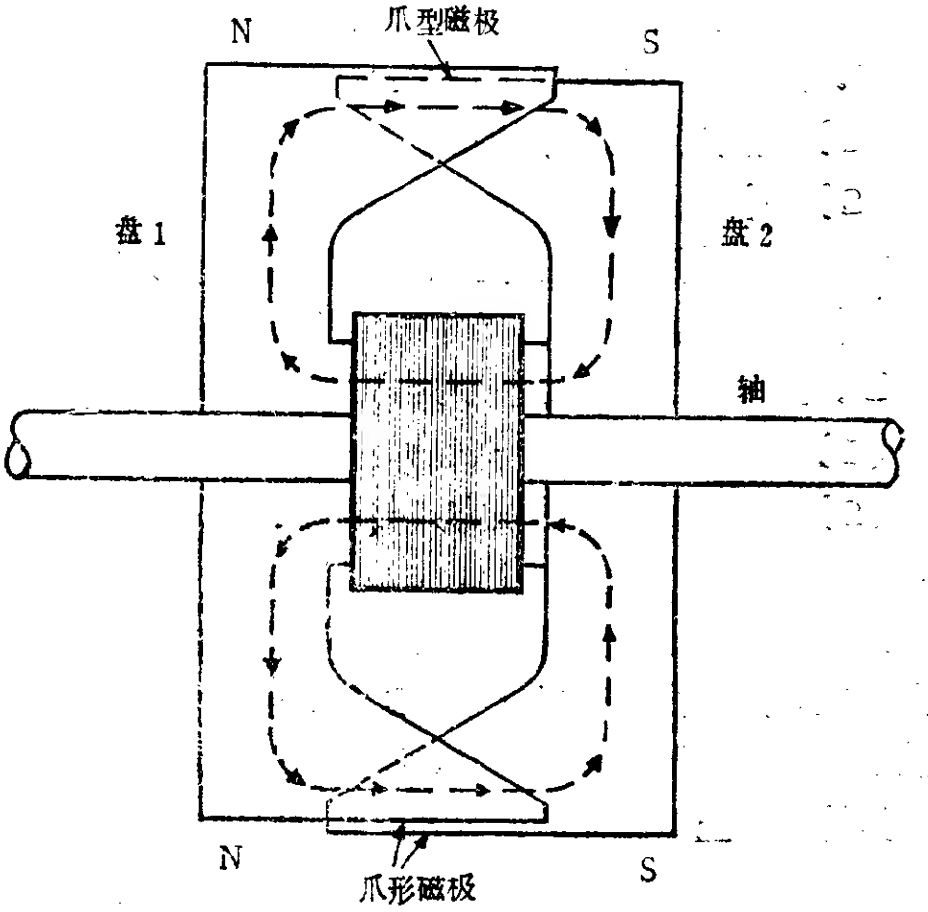


图49　爪形磁极盘上磁力线的回路(纵剖面)

b. 另一种方法是用两个垂直于轴线的呈法兰状的磁极圆盘，每个上面都有好多梯形的爪形凸台。一个圆盘的凸台都是同一极性，两个法兰盘可以将这些爪形凸台互相穿插对合在一起。从圆周表面上看，南极和北极是互相交替的，即所有的南极都在一个法兰盘的爪形凸台上，所有的北极则在另一个爪形凸台上。图48可以看到一些爪形凸台。图49表示这种结构的磁力线回路。假如上面只有一个磁场线圈的绕组，则其线圈匝(平面)均垂直于轴线。这种结构比较简单和集中。

电流的整流

交流发电机不带蓄电池运行可以没有整流器，在此不谈这种情况。可从两个方面来看整流：

C．安整流的相位，可以有：

(1)单相位，仅一个相位；

(2)两个相位。

很明显，使用第(2)个方法有较大的好处，可用单相和三相的传统装置。

D．整流器的位置可按下列方式装配：

(1)可在发电机的内部(也称为内附式)。

(2)在发电机以外的地方，与调节器组合起来或放在旁边。

第一种方法似乎有利，因为容易冷却，主要问题是二极管必须在一定的温度下才能很好工作。通常把整流器的二极管放在端盖上，那里有冷却片。帮助散热的端盖（通常是铝合金压铸件）上有相应的通风孔并且转轴上带有翼片可形成涡流式的通风。也可以设想用油来冷却的一些方式。

C和D理论上讲可以任意组合，但对汽车用交流发电机，

目前最常用的似乎总是：三相整流器，二极管装在交流发电机上。

调　节

关于直流发电机上的调节，普遍认为是目前很成功的一种方法，并且十分适用于直流电机和满足当前的需要，这种方法是振动式电压或电流调节器，通常还有一个逆流继电器。对交流发电机的调节则应该看到其特点，一方面，交流发电机可改变自身电流，并可产生出一个新的电气特性频率；另一方面，交流发电机可提高驱动的传动化。因为它在汽车上的好处，特别适应现代装备所要求的功率增加的需要。这里重复一下这个完整的含义：由于发电机的转速可以变动，蓄电池总是能稳定地供给正确的电压并可输出一定电流量。调节的目的就是限制发电机的输出，保持在对它没有危害的一定值之内，并且这个值又符合蓄电池再充电的实际需要，这些都是一个自动的过程。

交流发电机的调节方法从已显示出的和接触到的范围来看，有许多种，而且各有各的好处。制造厂谨慎但又是很明显地运用了在直流机方面获得的经验，但对它们进行了改革，或者有时用一些以前的方法使之更加完善。要知道分类是困难的，这里所提供的仅仅是分类的一些可能方案之一，以后还要提到。

应考虑到：设想蓄电池总是存在，这就不单是一个电压问题，而是即使在调节电压也会产生一个电能输出问题，因为电压调节就会改变输出。

涉及改变输出的因素：

——转速，

——蓄电池的充电情况；

——电气设备总的需要耗电量。

现就这三方面分别加以说明：

E．转速：

电流不适当的改变的基本原因之一是发动机转速的改变引起了电压的变动，防止这种现象有三种手段：

（1）根据频率的改变自动地进行：利用与转速增加有联系的变化电流频率的增加得到自动调节。由于转速提高增加了电动势，即有一个增加输出的趋向，频率的增加提高了回路中的阻抗，特别在交流发电机绕组元件中，这样可有一个输出的调节作用而且是完全自动的。

（2）转速的稳定：假如能稳定交流发电机的转速，这就一定能消除一种不希望有的输出变动的原因。当然为了得到交流发电机提供的好处，必须稳定这个转速在一个很高的值上，这种在直流发电机上已经不用的稳定转速方式有过两种：

a．机械的——这是一种"变换器"方法，这种装置利用离心力的作用来稳定转速。变换器中作用在钢球上的离心力不仅仅驱动装置不会打滑，而且改变装有三角皮带的皮带轮的凹槽直径(图50)。

b．电气的——这是用带有相对滑转可改变的电磁耦合器的方法，尽管驱动轮的速度改变，但仍可保证交流发电机转子有一个恒定的转速。

（3）电压的稳定：利用电压的变化来调节磁场的强度。实际上这关系到振动式电压调节器，它在直流机上用得很好。从原理上讲，磁场的磁力线是由蓄电池或整流后的电流供给的，但任何东西无法阻止人们的改进，特别是将电压调节器和电流调节器组合在一起(见下面G(1)a)，所以制造厂已经

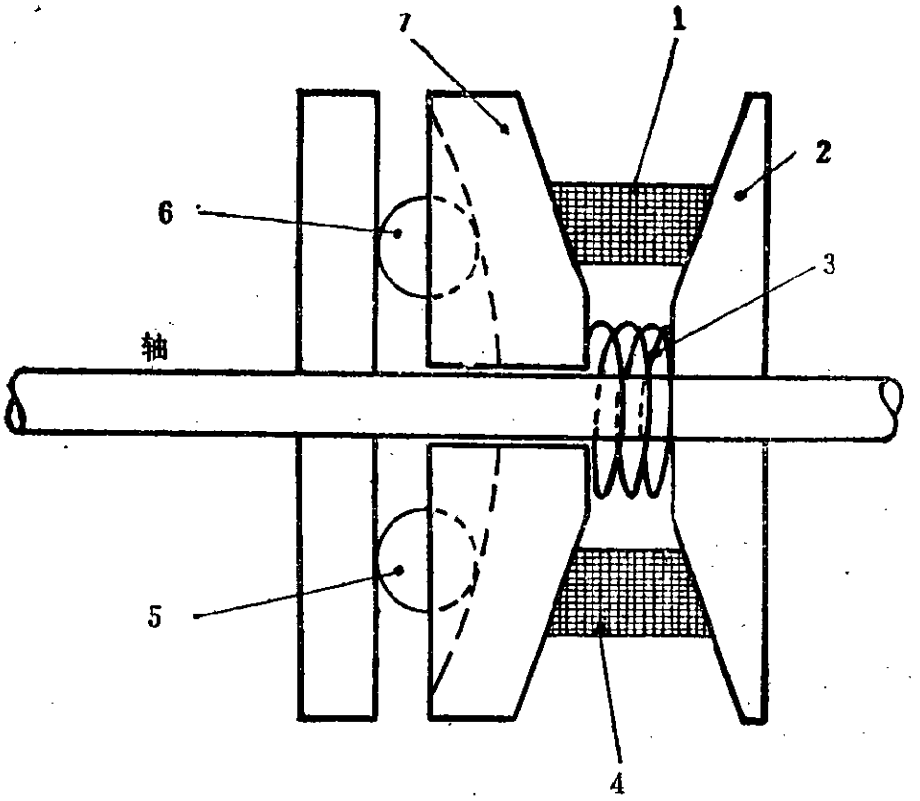


图50　变换器的原理(纵剖面)

1. 三角皮带的横截面；　2. 皮带轮固定端；　3. 弹簧；　4. 三角皮带；　5. 钢球；　6. 钢球；　7. 皮带轮可动端

设计了各种型式的调节器，而且还作了一些粗细的改进工作。

制造厂特别研究并采用二极管和晶体管的电子方式作为辅助部分，这样使振动触点继续得到应用。但触点切断一个很小的电流，一个晶体管起到某些继电器的作用，以电子方法而不是用机械方式来切断磁场线路，这种方法可能已很完善，切断各种线路都是完全采用电子方法而不是用机械方式。

F．充电状态：

蓄电池充电状态主要由电压、电液比重和充电终了时的气体溢出的密度三个要素来表示。第一个要素仅在直流发电机上使用，第一和第三个要素可用于交流发电机，第二个要素是一个最有决定性意义的要素，但从现在的水平来看还没

有可能用自动仪器的方式得到。现在有两个系统可用：

（1）用电压自动调节——假如交流发电机的调节器是一个电压调节器，例如带有振动触点，蓄电池的电动势的改变造成充电电流的自动调节。

（2）用气压-电磁调节-这是一种独创的变革的调节方法，是利用充电终了时溢出气体产生的压力来切断线路。从理论上讲这条线路不是磁场线路，而是一条感应线圈线路，也就是单相感应线圈中一个或几个绕组或者是三相中的一相线路。这种装置已装在弗尔曼(Fulmen)公司的蓄电池上。

G．总耗电量：

考虑到蓄电池电压和充电状态，输出调节可以用象速度和磁场强度的方法来控制，总之，可以看到下列的指导性因素：速度和充电状态，但还没有看到输出引起的直接作用，也就是蓄电池的供给量与用电设备多少有关，与当时需求量的多少有关。以前看到的那种调节与其说是为了对发电机和蓄电池的安全，倒不如说是为了适应耗电的需要。这种调节很象一个限制，一个制动，一种保护，更直接地说，象一个旋塞。

这里并未忽视作为一旋塞的作用，也未忽视其"配量"的作用，这个作用通常在直流发电机上是作为第二方案的。

带有这种作用就可得到一定的配量。假如蓄电池是处在充电不足状态，其电压较低，要接收较多的电流。但是，假如这时线路中有较多的用电设备，直流发电机不能输出这么多，蓄电池很少充电或者当直流电机不能充分供电下蓄电池总处在存电不足状态，一些直流电机的制造厂预见到当线路中用电设备的功率很大时就要求直流电机输出较大的电流。这就联想到用双重输出的直流发电机，这是在输出的某些阶

段，将一个专用线圈接到线路中加强磁场强度。在交流发电机方面，也探讨过一些相类似的方案，但同时都在利用交变电流机械的结构和运行方面的一些特殊性能。

根据输出是用作限流还是激磁，可以分成两大类，也就是用闸门或是旋塞的办法：

（1）限流：在电流太大的情况下，则要采取办法加以限制，当输出增加，至少超过某一个限值时，则磁场强度相应减少，根据磁场用电还用永久磁铁构成的情况，可有两种方案：

a. 假如磁场用电气绕组，通常是用传统的触点振动式调节器，这种调节器在直流发电机上已经用过，它还可以与电压的振动式调节器组合成多种形式，这在上面B中曾经谈到。

b. 假如磁场用永久磁铁，上述方法则不能使用，但是可用直流发电机充电电流中串进一个线圈使之减少磁场强度的方法，这种系统称之为“反复激”的古老装置。这种方法可由感应线圈本身的作用所代替，实用上，用永久磁铁，特别是用铁氧体，这种材料不良的导磁率易使磁力线造成歪曲从而限制了电流。

（2）适应用电设备的需要：在调节作用是由比较重要的用电设备线路中的机械装置本身来实现时，这些方法或者只是较小的用电设备的感应线圈的一部分起作用，或者是在感应线圈中串接进一个电感线圈或在电抗饱和器上起作用。前者产生全电动势，后者在线路中出现了阻抗。当大的用电设备投入使用而产生很大的输出时，或者将附加绕组放到线路中（图51A）或者将电感线圈短路（图51B）再或者改变电抗饱和器的电感质（图51C）。

对照E(3)和G(2)的调节方式，E(3)的调节功能是由

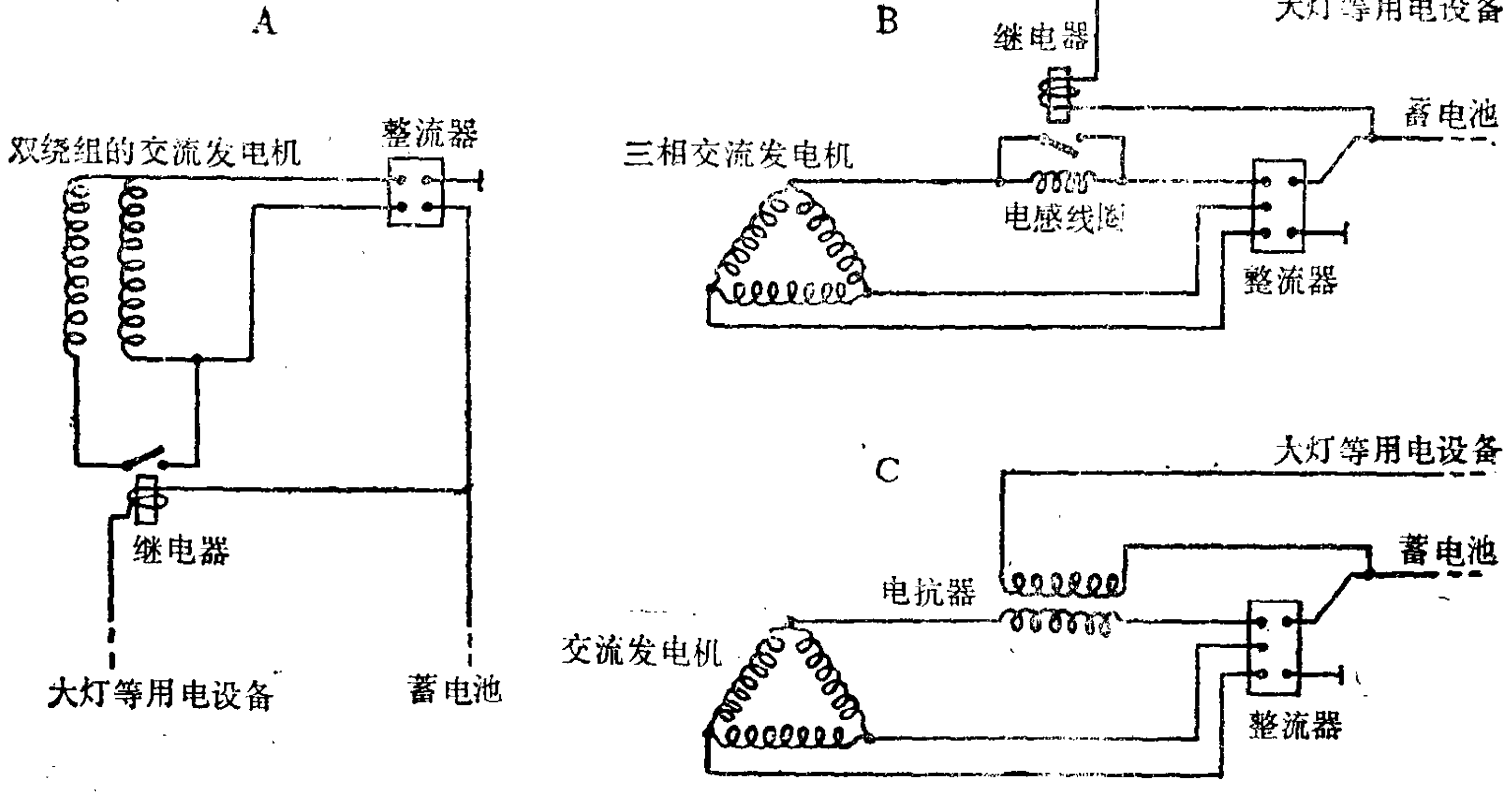


图51　按耗电需要调整输出的装置

转速改变引起的，也就是油门踏板的作用，G(2)是由打开灯光开关引起的。

鉴于变型和功能具有很大差异，以及某些补充的考虑和一些提到的调节方法，因此，可以易于找到用于同一设备上的各种方法，例如变换器和压力-磁性调节装置，也不要忘记用本身频率的自动调节的方法。

安　全

在直流发电机中主要的安全装置是一个截流器，防止蓄电池向发电机危险地倒流。而交流发电机有不可缺少的整流器，所以从理论上可以不安截流器了。

当磁场是用直流电或整流后的电流供电时，必须考虑到发电机不工作时的蓄电池对磁场的放电，虽然是有限的，但是是没有用的。有两种办法可以补救电流的倒流：

（1）当磁场是一个永久磁铁时，整流器本身可产生有效

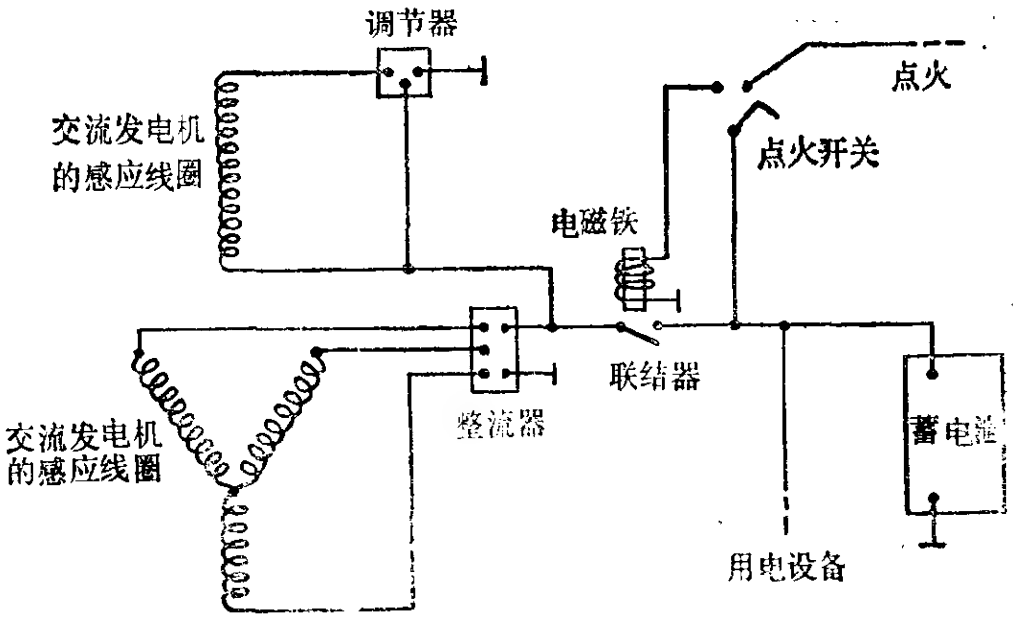


图52　联接器和磁场线路一般的组合和结论

的作用。

（2）点火开关。当切断点火时切断磁场电流，接通点火开关再接上磁场电流。线路的切断可以是自动的，也可以用一个继电器(图52)，在发电机停止时，切断蓄电池同时切断了磁场和感应线圈，对感应线圈的切断只是补充一下二极管的反向截止作用。这个装置称之为联接器或直流发电机传统式截流器。

一般的组合和结论

可以把指出的四个要素组合起来，除本文各个细节中讲到的组合外，不再可能有象这些种组合了，因为要碰到一些不合适的情况，但组合的可能性是很多的，且总是出乎意料的。

当读者要检验一个交流发电机时，只要看一张线路图和说明，一般地讲就可以知道应该做什么，研究现有的或认为缺少的一些已经确定的要素或者还有其他什么。本文不可能提出所有各种可能，也不会有一个已经完整的分类方案。

第二部分

关于交流发电机的技术要素

五、以图解法解释交流发电机基本原理的对话

V——从你向我提出的有关交流发电机线路问题，说明你遇到了一些困难。当人们通常运用一些直流电的和电工基础方面的简单公式时，我总想给你们一些关于交流电动势和线路负载损失方面的概念。对我们感兴趣的是关于汽车交流发电机线路。显然，我们只能触及一些问题，提出一些问题。解决一些问题。或者，在非常简单的情况下，至少可以说明一些问题。

首先，让我们从应用于直流电的著名的克希荷夫（Kirchhoff）定律开始吧。

L——在一条线路中，电动势的代数和是等于负载损失的总和，而负载损失为一个电阻和一个电流的乘积。

V——给我们举一个例子，一个用直流发电机对一个蓄电池充电线路的例子。

L——直流发电机的电动势减去蓄电池的电动势的值，等于在这条线路上的电流和直流发电机、电线和蓄电池等三个部分的电阻总和的乘积也就是负载损失。

V——很好。但实际上这仅仅在所给定的范围内有效，当接通或断开线路时，必须考虑自感电动势，特别在有电感线圈的线路上应该要说明的：直流电动势加上或减去自感电动势之后，再减去蓄电池电动势才等于负载损失的总和。自

感电动势仅在电流建立的瞬间，同时在减慢增长速度的过程中，或切断电流的瞬间才产生作用，使这些缓慢过程延长一段时间，这就是为什么要用“加上或减去”这一说法，事实上自感作用仅仅是一个极短的时间，而实用中可能被忽略，除非为了防止继电器的火花而要注意外并且在线路中应用与自感电动势作用相反的电容器或多或少地可以引起一些重视。

交流电就不一样了，因为从本质上看，电流总是在变动，这使自感一直产生作用，所以，不可能再忽视。另外，也不能忽视在某些情况下电容器和仪器有一定的电容量。然而，这里我们撇开电容器和蓄电池，因为它们具有电压不变的特性，会在我们的论证中引起一些麻烦。我们使实验线路只有一个交流发电机感应圈和一条外部线路，其特点是这二者只有一个电阻和一个自感系数，而且都是没有电容量(如图53所示)，此时我们认为磁场是一个永久磁铁。

在每一个瞬时就有一个电流和一些电压值，就象对直流电一样可以写出：交流电机的电动势加上或减去交流发电机自感电动势，再减去外部线路上的电动势，等于在感应线圈和磁场中的负载损失。

更确切一点，假如能知道这些项的瞬时值，那我们就能精确地写出其等式，那么是什么阻碍了我们这样做呢？

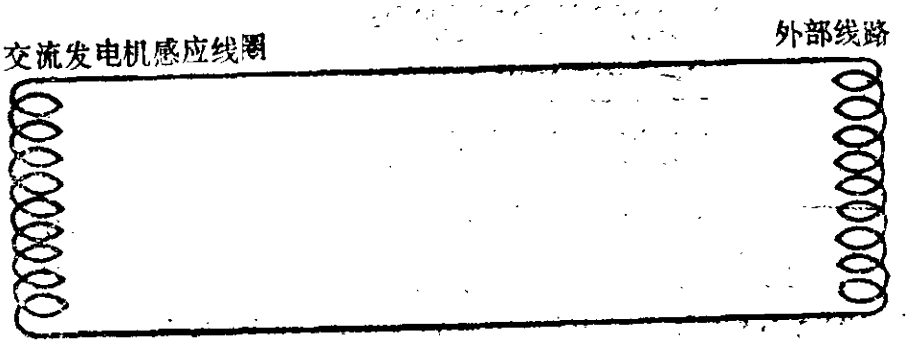


图 53 供研究用的最简单线路

L——这就因为我们不能够很容易地知道这些瞬时值，假如我们知道这些值，当计算在进行时，这些值就可能又改变了，并且成了原来值的数倍。

V——就是电流测量仪测得的这些电流或电压的有效值，对交流电是十分重要的。我们可以很好运用一些最大值，正如我们所知，这些是从一些有效值和瞬时值公式中得来的。你是否认为只要将直流电公式用到交流电中就可以用代数法来计算有效值或最大值呢？

L——(犹豫)为什么不可以这样做呢？

V——不能这样做，各个不同的最大值不是产生于同一时刻，所以，它们不能相加。你要知道，自感电动势的最大值不是在激起这个自感电动势的电流在最大值时刻，而是在它快速变化的时候，也就是当它接近零和改变方向的时候。电动势的总和不能用一个代数加法来计算，而是在运算时要加入位移这个因素，这就是要用一个我们就要讲到的几何性质的运算：即用矢量合成法而不用简单的加法。

在交流电(电压或电流)数值表示法中我们要记住2点：

第一点是动态。由于设想这种表示是一个运动状态，它是取一个矢量 oM，绕 o 点转动，在 xoy 上的投影占 om (图54A)，可以看出 om 的数值是变动的，而且频率取决于 oM 转动速度。om 的周期与 oM 的转动是一样的。第二点，这种表示法只有一个值，下面马上就要提到。

代替所设想的只有一个矢量，我取了2个(如图54所示)，即同样转速转动的矢量 oM_1 和 oM_2，并在 oxy 上作出交变量 om_1 和 om_2，还可加上一些瞬时值得到 om_3，这就象 oM_2 和 M_2M_3 的投影一样，等于并平行于 oM_1。总之，2个矢量 oM_1 和 oM_2 可以组成 oM_3，它是以 oM_1 和 oM_2 作为边

构成的平行四边形对角线，下面的表示法就是来自这里，就是按照 Frensnel，（一位法国的物理学家，在光学研究上有杰出的成就）的基本观点：交变的量可以用矢量来表示，这些矢量有与它们的最大值成一定比例的固定长度，而且构成一定角度，在同一频率下这个角度就表示其瞬时值的相位角。通常的周期是360°或者是圆周一周，假如这个相位角是 1/4 周期，则这二个矢量之间的角度为 90 °。

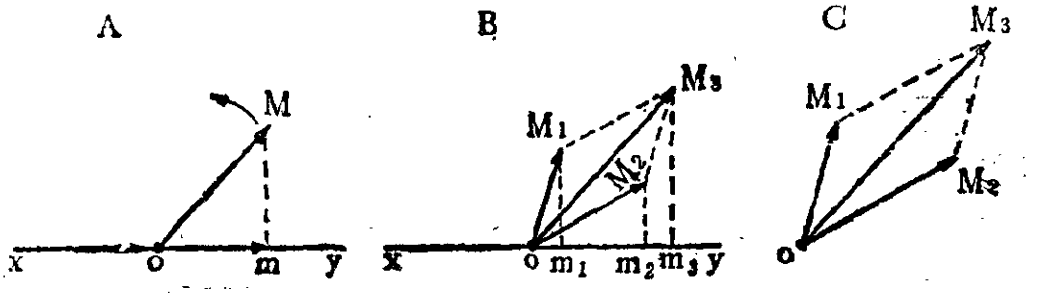


图54　交变量的表示法

现已不需要再去设想投影和旋转，而是要计算矢量的大小和它们的相位角（如图 54 C 所示）。

矢量可以用平行四边形的对角线来替代，其结果是 2 个矢量的几何和，这里我们感兴趣的是 2 个交流电压或 2 个交流电流的和。当 2 个矢量之间的角度很小时，这个和就十分接近于代数和。这个和值是表示所得到的交流量的最大值。

假如有 2 个以上的矢量，可以连续地组合得到一个总的合成值。这就是从每边对应的并平行而且等于要组合的每一个矢量的多边形上再作一条直线来求得的（如图 55 所示）。

L——在你向我说明自感时，你已经讲了交流量的相位角，自感电动势的相位角是 1/4 周期，也就是超前电流 90 °，而电动势是由电压组成的，这样电流相对于电压有一个角度偏差，称作为 φ。这个角度是三角几何中三角边的计算上要

用到的，这可写成 φ 的余弦即 $\cos\varphi$，但我觉得我还没有用过三角形边也没有用过希腊字母。

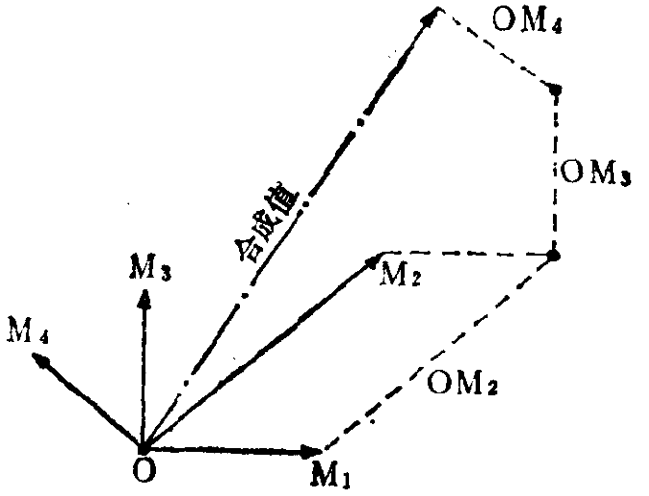


图55　多个矢量的合成

V——既然你只要探求一个数值的记忆表示法，那只要有三角形的边就行，而并不涉及到计算方法的问题。让我们再回到交流发电机上来。

再在图(图 56Ⓐ)上作一些组合量，用 ox 表示交流发电机接头上的电压矢量的初始方向，我们认定该矢量是以逆时针方向旋转，由于不可能将一个电压值和一个电流值进行组合，因而我们用同一单位来表示要测定的量，譬如说伏特，这些量如下(图56Ⓐ)：

1．交流发电机的电动势是取决于磁场的磁力线和旋转速度，我们叫做E；

2．在感应线圈中的负载损失是电流 I 和电阻R的乘积，按我们的规定用伏特来表示；

3．自感电动势用 S 来表示；

4．在交流发电机接头上的电压U。

应注意到电流，或者更确切地说负载损失 RI 相对于 ox 方向有一个角度 φ 的相位差，并且S是超前 RI90°。

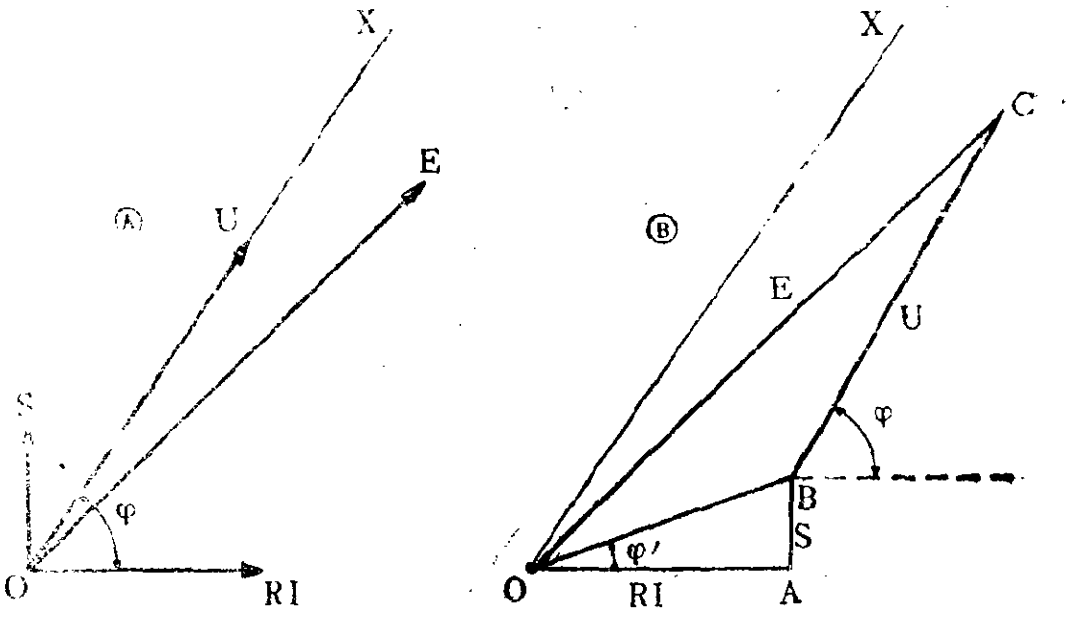


图56　交流发电机矢量初始图

L——(不怎么相信)告诉我，V，你是否已经将所有这些箭头都给定一个数值了？

V——不管怎么样，我都完全知道我所画给你的图是从这个图(图 56Ⓐ)出发的，而这个图是那个图(图 56Ⓑ) 引导出来的。用给定的量我作出有多个成分的多边形；实际上我可得出如下结果：

——交流发电机的电动势减去自感电动势等于：在感应圈中的负载损失加上接头上的电压。

或者可以写成：

——交流发电机的电动势等于：负载损失加自感电动势，再加接头上的电压。

把这个画到图上(图 56Ⓑ)，oA 等于RI，AB 等于S，BC 等于U和OC 等于E，从几何分析可以看出E是将 RI，S 和 U图解后表示的总和，这种表示指出交流发电机输出值的大小是用带有一定的相位角的最大值来表示的，我们可以作

出U和RI之间的角度φ。

为了更好地说明这个图形(图56Ⓑ)，我画出一些瞬时值的合成，这些数值不是形成一个多边形，而是形成一条线，在相同的一条用代数来组合的直线上，每一个瞬间就有一个不同的组成值，我画给你的是许多组合中的任意的2个（图57），当这个交流发电机的图形(图56 B)是处在一个已给定的条件(激磁、转速，外部线路)下，我们用小写字母来表示瞬时值的大小，而用大写字母来表示最大值，我相信试用这些图就显示出用图解法的合成的优点了。

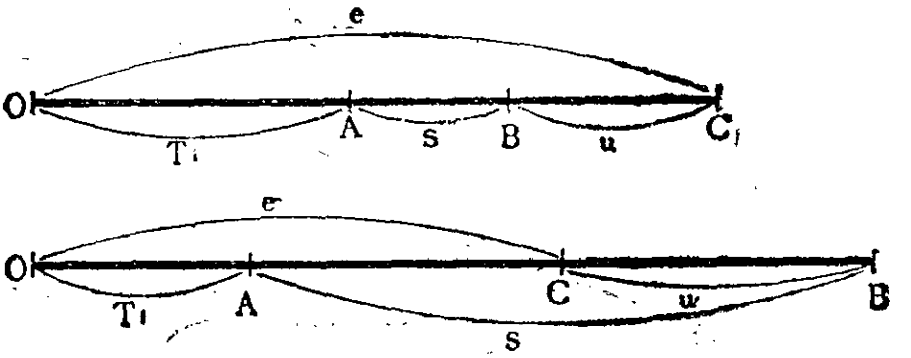


图57　瞬时值的合成

从图上可确切看到所讲到的oA和AB的几何和（图56 B)是等于交流电的负载损失，这个负载损失是由称作阻抗的这个特殊的电阻引起的，角度φ'叫做内偏相位角。

L——我觉得你讲的太抽象，有些问题使我有点理解不了。

V——我一会儿向你讲，你就会明白啦！

L——我是喜欢对称，我认为你已经说明了内部线路上的负载损失和自感电动势，那为什么不说明外部线路上的相同因素？

V——这很容易，现在来说明。我将这个图(图56 B)的BC分解成这种样子(图58)；平行OA的BD是外部线路中的

负载损失，它等于电流 I 和线路电阻 R′ 的乘积；平行于 AB 的和超前电流 90°相位角的 DC 是外部线路的自感电动势。

我们曾假定在外部线路中没有电动势。

因此可以看出，我们的图有 2 个直角三角形 OAB 和 BDC，它们的 2 个直角边都是互相平行的，都表示负载损失和自感的作用。

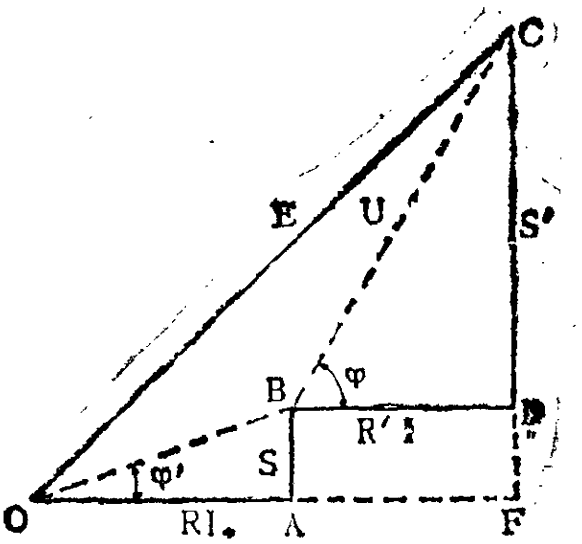


图58、交流发电机接头上电压的分解

可以进一点延长一些线作出三角形 OFC，则其斜边是交流发电机的电动势，其直角的两个边，一条线是负载损失 OF，也就是全部线路中的 RI 加 R′I，另一条是总的自感电动势。

L——这是很有趣的，但那是作什么用的呢？

V——有二种用途。首先，预见到交流发电机的一些参数。假如要将数字转换成图形来表达，可以使用，但这不是我们所期望的。其次，是用来论证性能并预见到交流发电机所产生的一些反映，在这方面我们可以运用。这个图(图58)表明，要知道电动势，必须是内部和外部线路的二个直角三

角形的顶角相接，并且直角边平行，其斜边就是电动势。

L——是不是不应该说反呢？正是交流发电机的电动势来定出的三角形。

V——（对L的中肯的意见有点迷惑，同时也有点恼火）我们所讲的整个概念是由结构和交流发电机的性能因素同时来确定的，而且，也取决于外部线路的性能。在阐明理论上和几何上的一些特点时，我有点忘了物理基础，确切地说，这些三角形的形成是由内部和外部线路的一些固有特性所产生的，但是它们的大小则取决于机器的电动势，也就是说取决于它的转速和激磁。这里设想的自感系数是与电流无关。当然，这不完全确切。

三角形的形成是由二个三角形 CBD 和 BOA 确定的。第一个三角形的相位偏差角 φ 是由电流相对于电压的偏差形成的，然而 φ' 或 BOA 是内相位偏差角。

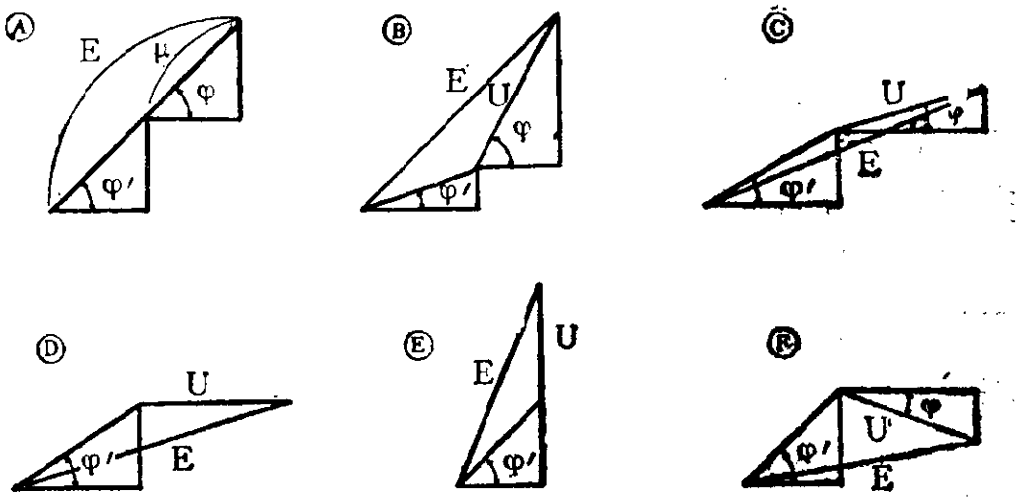


图59　交流发电机的各种不同形态图

根据 φ 和 φ' 的相比值，可得到多种形态图（图 59），如 φ 等于 φ'（图59Ⓐ），O、B 和C都在同一条直线上，电动势和电压的相位是一致的，因为线路的二个部分上，自感与电

阻有相同的比例。

假如 φ 是大于φ'(图59Ⓑ),电动势比电压迟,当φ 小于φ',则电动势超前电压(图 7c)。

总之,可以研究这二种特别有趣的情况:如果 φ 为 0 (图 59Ⓓ),外部电压的相位与电流一样,因为外部的自感为 0。假如外部线路有电感但电阻实际上被忽略,可有这样图形(59Ⓔ),因为其中一条边被忽略,无法画出来的角度 φ' 值是 90°。

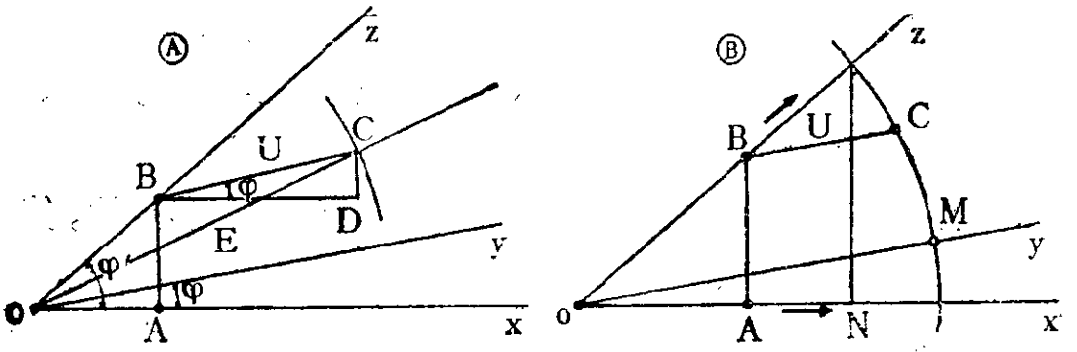


图60 在电动势固定的条件下探索电压与电流的特性关系

L——这是很容易记牢的。

V——现在已经研究了图形的构成,下一步我们可以对交流发电机的各种情况作检查。

首先是激磁和转速不变,输出变动(设想外部线路的电阻是变动的),并且相位偏差角固定,这是设想自感电动势和线路中负载损失之间有一个固定的比例。

我们根据 I 来确定如何改变U,为此,再取二个由三角形构成的图(图 60Ⓐ),按照我们的设想斜边 Oy 线平行于U,Ox 和 Oz 线是固定的,由于 φ 和φ' 是恒定常数,因为 OC 等于E所以 OC 也是恒定常数,C 点可以在以 O 为圆心的半径为 OC 的圆周上移动,我在这些图(图 60Ⓑ)上仅取一些有用的部分。每个 I 的值符合于 RI 值,也就是 OA,和由此得

的B点，通过B点作平行于Oy的BC，得到相应于每个I值的U值。

当I＝0，A和B在O点上重合，C与M点重合，实际上这是线路断开状态，而且接头上的电压等于电动势。当I增加，A将在Ox轴上向右移动，B在Oz线上移动，并且U减少。这个可以用这张图(图61)的曲线来表示，ON相应为线路短路时的最大电流，这时电压等于O(图61表示U和I的关系曲线)。

L——可以认为这是他激直流发电机的特性。

V——这不奇怪，因为交流发电机在某些方面就是一个这种激磁型式发电机。

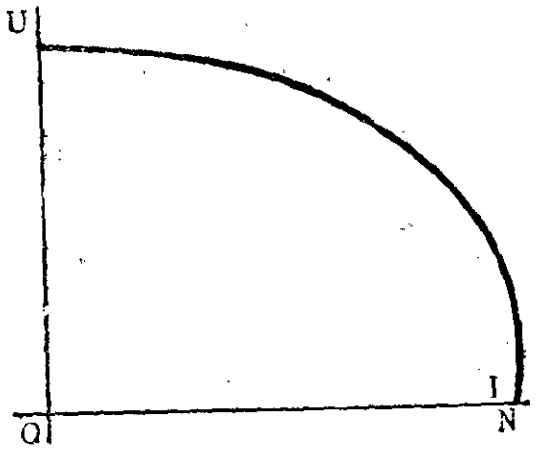


图61　电压与输出电流的关系曲线

现在我们可以检查第二种情况：设想交流发电机在固定电压并有电压输出变动的情况下运行，而且外部相位偏移也是固定的。就是交流发电机在带有电压调节器和输出，则自感和电阻成一固定比例的外部线路上的运行情况。此外，还设想转速固定，来研究一下如何用图解法确定每个输出电流值下的激磁电流……。

L——你刚才讲过磁场是一个永久磁铁……。

V——既然我们想从基本线路中取消蓄电池，但必须从现在起认为磁场是由一个独立供电的电磁铁组成的，此外，要注意到用永久磁铁，因空气间隙的变动磁力线也可能变动。再看我们用的老图形上(图62Ⓐ)，既然BC保持不变并且平行于Oy，那么，可以设想C点也在平行于Oz的一条直线上移动，此线起于M点，这样OM等于固定值U。要说明的是斜边φ和φ'的值是固定的，再从这里(图62Ⓑ)取一些对我们有用的线条，每个I值相应为OA＝RI值，可以找到相应的B点，然后找到C点，作出一条平行于Oy的线，这样得到相应为E的OC，然后可以得到相应的激磁电流值，当I＝0，A和B在O点上，C在M点上，这是一个断开的线路，即使BC和OC重合，电压仍等于电动势。当电流增加，A向右边移动，C在MC上移动，设想在激磁逐渐增加下E的值提高，但是等于U的BC的大小保持不变。

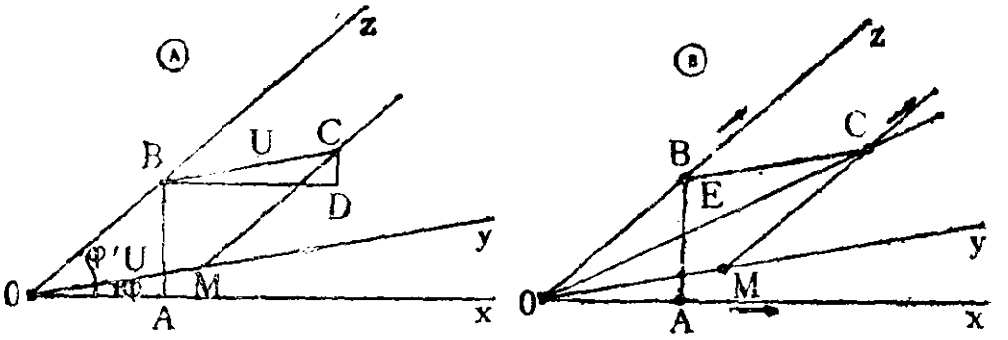


图62　电压固定，探求电动势和磁场电流与输出电流的特性关系

L——(困惑)当电流增加，OA增加，但保持不变，BD(在图62Ⓐ上标出的)同样保持不变，而且BD与输出电流是正比例关系……

V——(在一瞬间分心之后重新专心讲)你忘了，假如BD是与电流成正比，那电流也与外部线路的电阻成正比，或者

说电流的增加是因为外部线路的电阻减少，所以，增加一定电流就相应地在增加交流发电机本身的负载损失，这样外部线路的负载损失是一个稳定值。我们再看一个瞬时状态（图60A所指出的），当电流提高，内部负载损失OA增加，因而外部负载损失BD减少，直至变为0。

在电压固定条件下运行，可以运用工业用交流发电机使用的传统式变阻器，或汽车交流发电机中使用的振动式调节器来改变激磁。

L——（总是抢先）而速度改变呢？到现在我们还没有讲过速度，这是很重要的。

V——我们就要谈到速度的，不会让它无声无息。因为它代表汽车交流发电机主要特性之一。要作一个精确的说明，只有借助计算和公式才有可能。然而，我们试着说明问题不用计算也不用图解，但必须尽力运用我们已学过的东西转速提高引起交流发电机线圈中磁力线变动增加，这样的后果怎样？

L——很明显电动势增加了。

V——……与转速成正比，但是线路中阻抗同样增加，因为自感电动势与转速的改变是成比例的，同时由于自感比线路电阻大得多，速度也要增加得多。假如电阻为0，则阻抗与转速成正比，那么在电动势的变动与阻抗成正比的一条线路中会发生什么样的情况呢？

L——电流可能是固定的。

V——……象电压一样，我们用一张图来分析一下所产生的一些现象，例如取一个代表内部特性的三角形（图63Ⓐ）。我认为，在一定的转速下，取OA为RI，AB为S，再取一个较高的转速（图63Ⓑ）因为电流变化不大，OA大致保持为

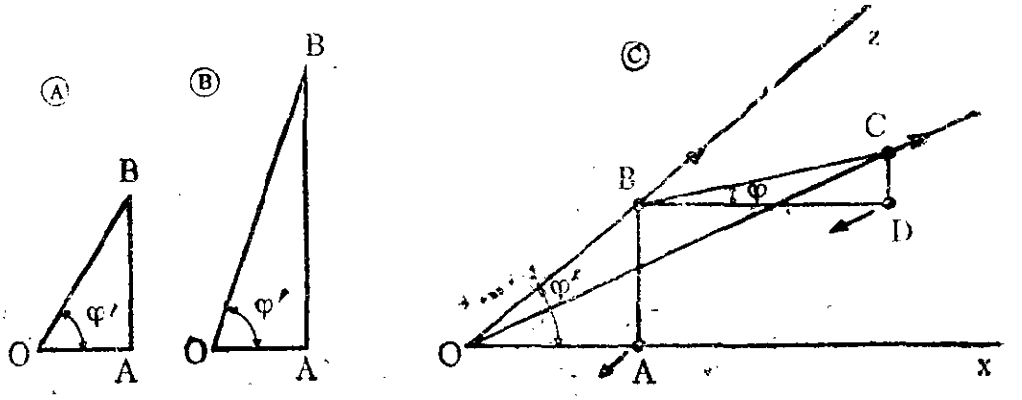


图63　转速提高的影响

同一个值；但 AB 增加，同样 φ' 角也增加。对外部线路可作相同的验证，现作出完整的图形(图 63Ⓒ)，并用小箭头来说明当转速增加时变化的趋向，为了将某些方面确定，设想 OZ 是不动的，OA 差不多不变，而 φ' 增加，A 被引向左边的低方向，B 将在 OZ 上向高方向，CD 与 BD 相比是增加，D 向左边的低方向，C 是向高方向，这是因为 OC 即电动势增加的原因。BD 向低方向绕圆心转，因为它必须与 OA 保持平行。

L——所得到的一个实际情况，既然 B 和 C 离 O 点远，BC 很可能变大了，这样我们的灯泡就会烧坏！

V——注意，不能象我们在直流电机遇到的那样来推理，要区分两种状态。首先要重复讲的，是我们设想总电阻相对于自感电动势来讲比较小，因而电流几乎保持固定不变。在这第一种状态下，如果我们设想的外部线路只有电阻而没有自感，则 BD 的长度不变，CD 的长度为 O，BC 的长度等于 BD，并且固定不变，B 和 C 二点要离开 O 点是很容易做到的，只要 BC 的方向改变，即接近 BOC 角的等分线的垂直线，这种状态下 φ 保持为 O，BD 当然保持与 Ox 平行。

第二种状态，我们认为外部线路包括有自感，这时CD不

等于0，转速上升CD就延长，随后电压增加，但当有自感时，我们知道电压包括2个成分，一个是与电流的相位一致，并且在导线上产生有效作用，另一个是自感电动势。第一种对我们有利，而且作为一个成分电流差不多保持不变。总之，这种自动调节是指电流而不是电压。

当然这种自动调节是不完善的，而只有在可以实现的有利环境范围内才趋于完善，现在只能大致在那上面应用一些简单的装置。一旦问题变得困难而基本因素又改变了，特别是加进了蓄电池，那就必须保证有另外一种调节。

L——在结束之前，V，告诉我什么是功率的有效性。

V——它是与自感作用相反的，假如功率占优势，就简单地减少了三角形的AB或DC边的长度（指图58和图59的三角形）。假如自感占优势，则那些边可以向相反方向，这样，会得到什么样的图形？

L——（深思并作出图59Ⓕ）我很随便地应用了这个规定。

V——注意φ的方向改变并且电流超前电压，假如自感和功率选择得合适，可以消除影响，就得到$\varphi=0$的图（图59Ⓓ）。

L——我很想知道带有蓄电池会成为什么样呢？

V——今天不再讲了，以后再讲（见下一章）。

六、交流发电机、蓄电池和测量仪器

普通的电学使我们懂得图解法（Fresnel 的表示法）和一些成果：即用组合在交流发电机线路中的交变量的最大值所得到的结果，例如电动势、电压、负载损失、自感等。只有要组合的值代替以下的条件才有可能得到那样的结果：

1．是一些相同频率的交流量；

2．按交变的性质不仅是周期性，而且应是正弦波；

3．可以用相同的单位来表达。

在这些情况下，因为这些值都是瞬间变动的，所以不将电学的一般代数公式应用于交流发电机线路中的瞬时量，而是将几何作图法应用于这些瞬时量的最大值，而这些值的本身与有效值是成正比的。

但是，如果加进一个蓄电池，则全部都改变了；但不可能引入一个充电用的主要部分蓄电池电动势，因为它是一个固定值，并且也不是正弦波，这就必须寻找另外的办法。

因此，就要分析充电和放电的一些现象，同时采用一些越来越复杂并接近实际的情况，而且明确指出通常测定的仪器，电流表和电压表，这些测定既不是直流又不是交流，而是脉动电的特性。

根据经验，我们从纯理论开始，同时对于进行试验的材料可能常会出现一种危险。

无整流器的装置

首先把交流发电机接到蓄电池上，中间不加整流器，这就是说不管什么方向，因为交流发电机上的每个接头是正极接下去变成负极(图64 A)。再看图65上电动势与横座标OT所表示的时间关系，从纵座标可以取得这些电动势值。按图65上A曲线上面部分的电压所产生的电流是在图64A线路上反时针方向流动，这个流动的方向是蓄电池放电的方向。

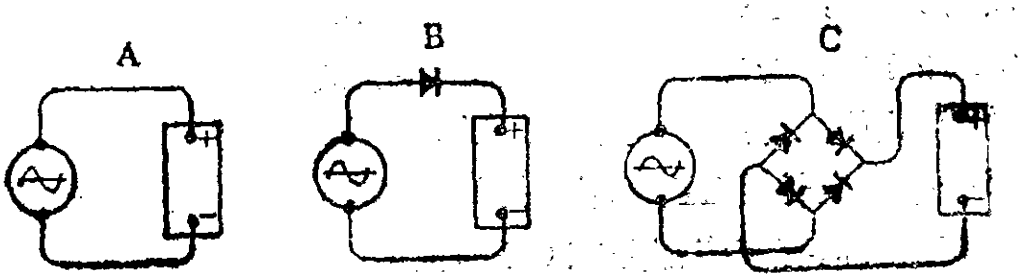


图64 几种接线方式图

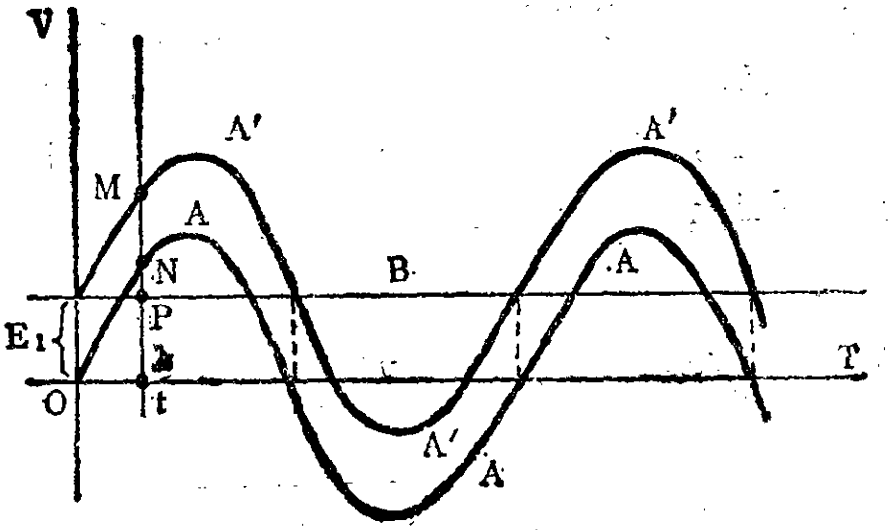


图65 交流发电机和蓄电池的电动势的总和

表示蓄电池电动势的曲线是一条直线B，在OT的上面，其高度E_1随充电状态也就是电液密度而变动，表示交流发电机电动势E_2的曲线是一条正弦曲线A，其周期显然与交

流发电机的转速，也就是带动它的发动机的转速相一致，当然也就是与汽车车速和所用变速传动比有关。

当正弦曲线A在OT的上部，这就是说交流发电机是以蓄电池放电的方向推动电能，这叫做交流发电机和蓄电池串联。当A在OT下部，交流发电机以相反方向推动电能，当其电动势高于蓄电池电动势时就可以做到向蓄电池充电。

现在2个装置的电压都在正方向，其瞬时值是由B和A曲线的纵座标值的代数和所提供的，例如t的一瞬间总的电动势为tM，它是由二个值——交流发电机的tN和蓄电池的TP加起的。总之，因为蓄电池的电动势是一定的(在已给定的情况下)，得到了一条曲线A′，这条曲线是曲线A向上移动一个固定长度TP,而不是另外的形状，这条也象A一样的正弦曲线但有较多部分在OT的上面，放电时间比充电的时间长。

此外有2个状态应该考虑(图66)：E_2的最大值高于E_1的状态，A′与OT相交，这就是说在不到一半的时间内有充电(图66A)，其绝对值E_2最大值小于E_1的状态，A′曲线全部在OT上面(图66B)。后者一点也没有充电,从中可以看出：交流发电机不可能对蓄电池充电，除非加上整流器。

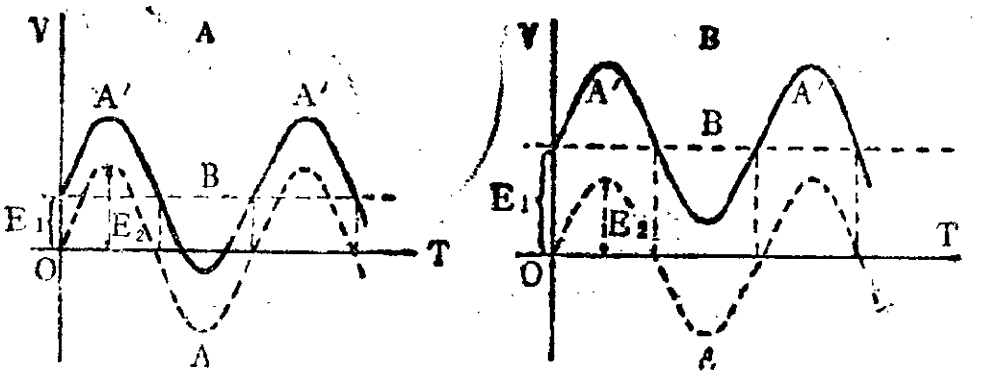


图66　图65上应考虑的两种状态

再重复一下，这个经验是纯理论性的，不过要补充一点，假如交流发电机的内电阻很小，通过这个电流就很危险。

带整流器的装置

假如在图64B上加进了整流器，情况就不同了。我们用二极管的习惯标志来表示整流器，并且把它的方向放到可以充电的方向。设想其瞬间状态工况良好，这就完全取消了图65上A和A′曲线的OT轴上半部分，这是在图67上用虚线来表示的。要注意，虚线部分不是说明其相应电动势是没有了，而是说明线路禁止了电动势产生电流。假设图67是按图66A的状态作出的，同样也应假设处在曲线A′的全电压下的二极管具有一个高于加在其两端的最高电压tZ的击穿电压或稳定*电压，整流器就只能在一定限度内阻止能正常通过的反向电压。

图67中，如果加进二个条件（蓄电池电压小于交流发电机的最大电压，而且二个电压值的总和小于击穿电压）则可产生充电。通过的电流值由每个瞬时线路的总电阻和在曲线上的电动势来确定，得到的曲线如MN′P与相电动势曲线MNP相一致。设想在纵座标上已有了电流的座标则用虚线来表示这个电流曲线。

但是否会认为这样推理是不充分的，因为从电流通过的时刻起，就出现二种新的附加电动势：感应线圈的反电动势和自感电动势。我们的推理仅是一个近似情况。然而，应该认为感应线圈的反电动势会使交流发电机的电动势减少，而自感电动势则会使相位移动，在这些条件下我们分析的原

---

* 原为'Zener'可译成齐纳——译注

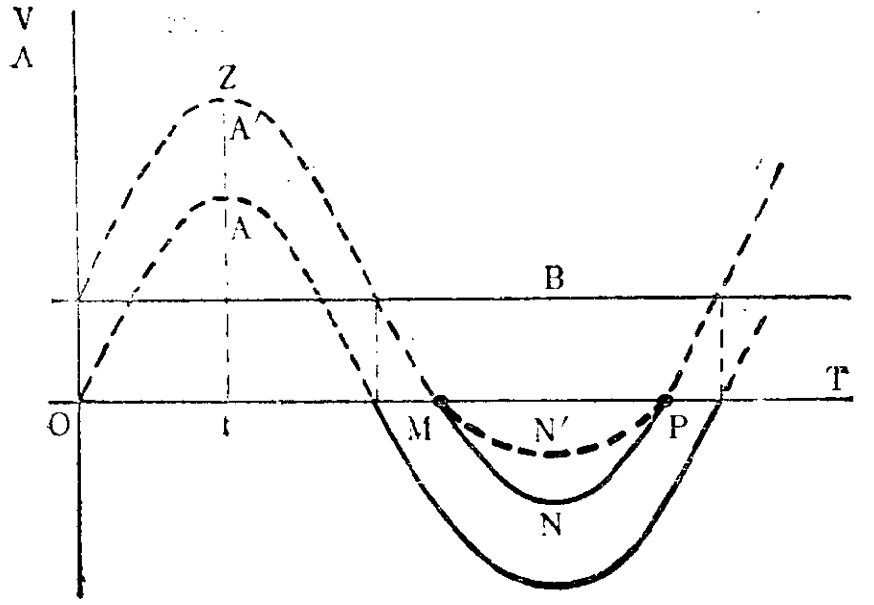


图67　带有一个二极管时的工况

理是不会错的。

同样也应考虑二极管不是完善的，有某些反向的漏泄电流，这就承认阀门对反向电压呈现极大的阻力但不是无穷大。这样，电流的流通不是象图68A曲线那样，而是图68上B曲线那样，与充电电流相比放电电流是被忽视了。为了表达方便这些图的画法是放大了的。

不要忘记二极管是不能象普通电阻一样使用的，其接头的电压是不与通过电流成正比，用二极管造成的一些特殊性也不会改变上面所讲的原理。

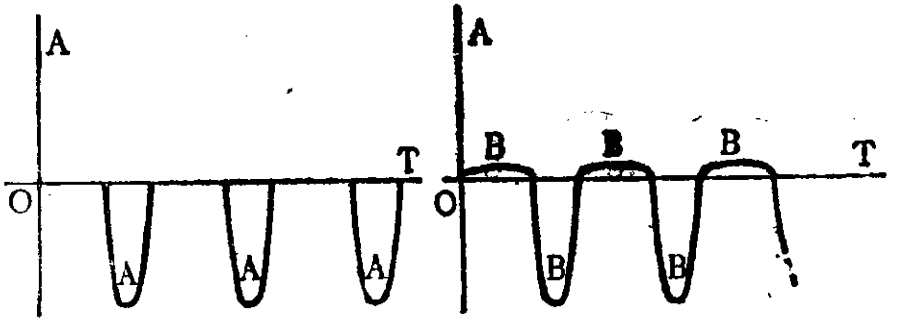


图68　反向电流

我们已作的理论曲线，按照形成这曲线的各个因素的数值可能改变。

特别，当频率变动时，一方面，波形的最大值增加，另一方面，正弦的波形将靠近，这可从图 69Ⓐ到图 69Ⓑ 的改变上看出。当然，还要考虑到由于频率增加线路阻抗提高，同样也要说明，调节器将会对电流有限制。但是，为了使问题简化，把这些都不考虑了。

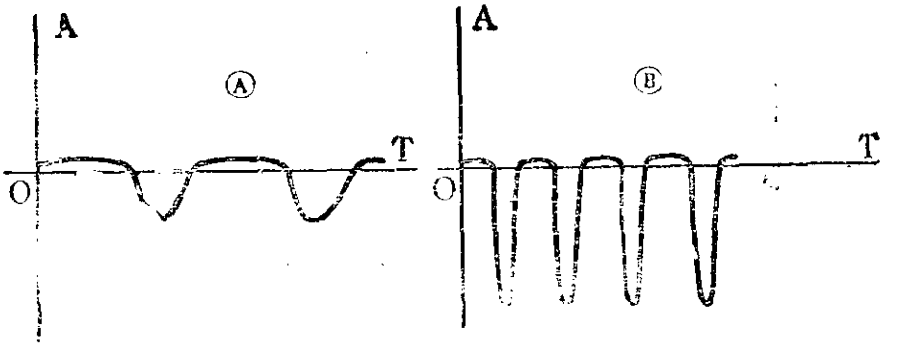


图69　转速变动产生的影响

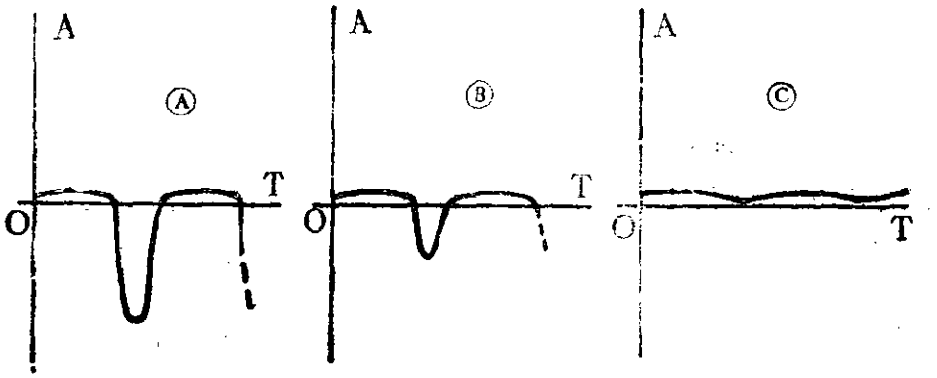


图70　转速固定下，蓄电池充电造成的影响

如果充电，蓄电池的电动势增加，图 65 上的 B 线和曲线 A′ 也一样升高，这样，充电的时间减少，同样可能不再充电。总之，可从图 70Ⓐ到图 70Ⓑ再到图 70Ⓒ的变化中看出这一点。假如蓄电池在放电，情况就相反：充电时间增加，但不可能达到时间的一半。

当充电的状态和速度在变动时，这二个因素影响交叉在一起，如在一个速度和一个充电状态下没有充电电流，而在较高速度下可能有充电电流了。

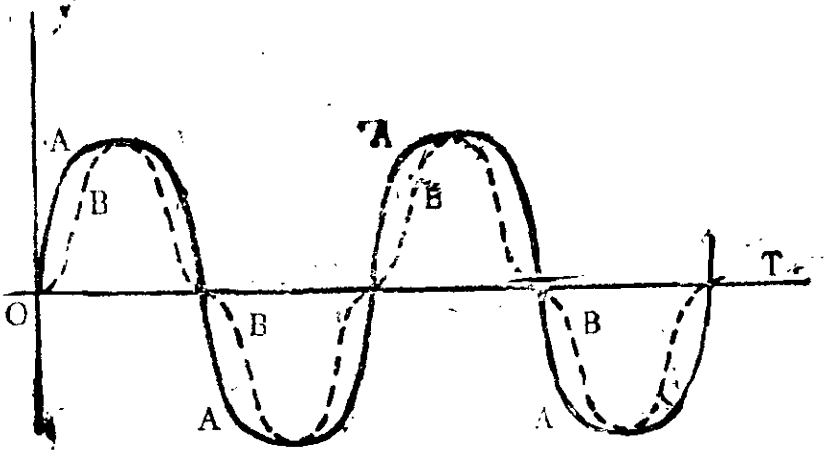


图71　交流发电机电动势的波形变动

要注意到当蓄电池电动势刚好等于交流发电机的最大电动势时，就没有充电。同样，在这一情况下，当二个电动势的方向相同时，就还有一些很小的放电电流通过这个阀门。这只是在理论上有一定影响，以后再作分析。

此外，所有这些程序中使人反感的是交流发电机有一半以上的时间未被利用。假如交流发电机的电压取得比蓄电池的电压高得多，又假如电压的波形是适当的，则利用率可能增加。图71上波形A要比波形B的更为有利，因为交流发电机的电压有较长的时间高于蓄电池电压。要说明的是这二种波形都不是正弦波。还要说明的是对于本文阐明的原理并没有影响。所有上面的情况，仅利用一个周期交变波形的一半是不利的，因为它造成发电装置的一半不能被利用。

使用二个交流波形

使用二个交流波形，用所谓"桥式"装置是可能的。交流

发电机-整流器-蓄电池总体图见图 64C，所产生的充电电动势的图形可见图 72。利用的时间超过运行时间的一半以上，但还可以作得更好，因为还有不充电的时间。

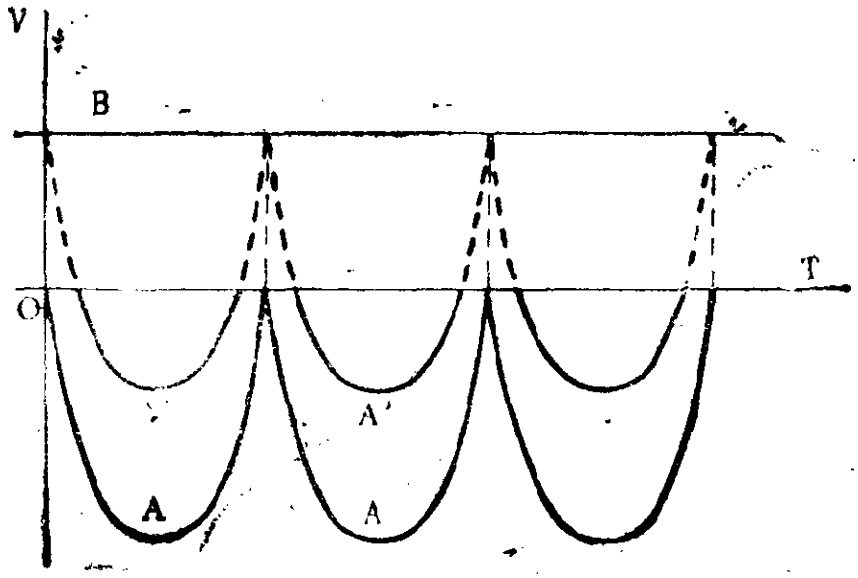


图72　使用二个交流波形

使用多相的波形

多相电流的使用，例如用三相可以有不间断的充电，但不是稳定的，而是波动的。

实际上多相的电压是互相覆盖的(图 73)，假如蓄电池

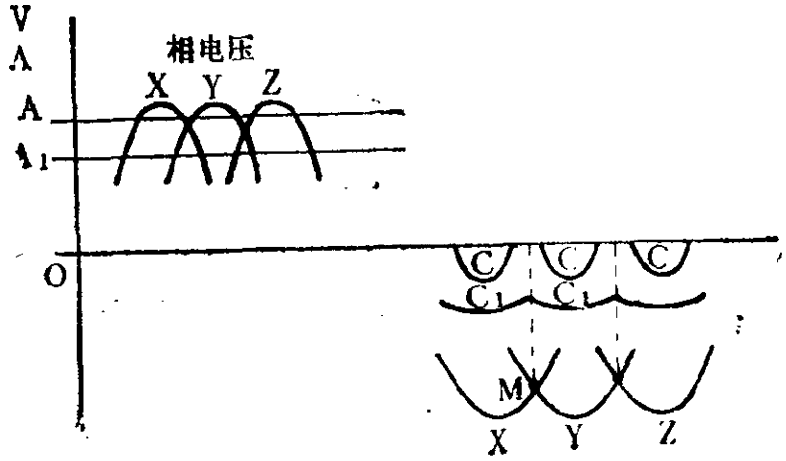


图73　多相电动势的情况

电压高(A线)，在某一时刻可能超过所有多相的电压。如电压相对讲比较低(A_1线)，就可得到一个不间断的充电，这就有可能将整流器与换向器作对比了。这样可以得到一个与A_1直线相应的图73上C_1曲线所表示的充电电流，而A直线就相应为C曲线的断续充电电流。

在A_1直线条件下，有一些比较复杂的电动势成分，因为现在有多条线路。M是表示X和Y二相充电电动势曲线（图73）的交叉点，在这二相交点的瞬间，这二个相有相同的电动势，对蓄电池线路的输出是平行的。在这瞬间的前后，有一相的电动势同时超过蓄电池和另一相位的电动势。电流取决于线路的各种特性。当然，由于感应线圈的反电动势和功率因素会造成相位移动和波形变形。但是，有一条充电曲线非常接近在直流电流中会有的曲线。

建议使用多相电流中每个极的一个周期中的二个交流波形显然是可能做到的。

波形电流的测定

现在来研究脉动波形电流和电压的测定，要知道，一般

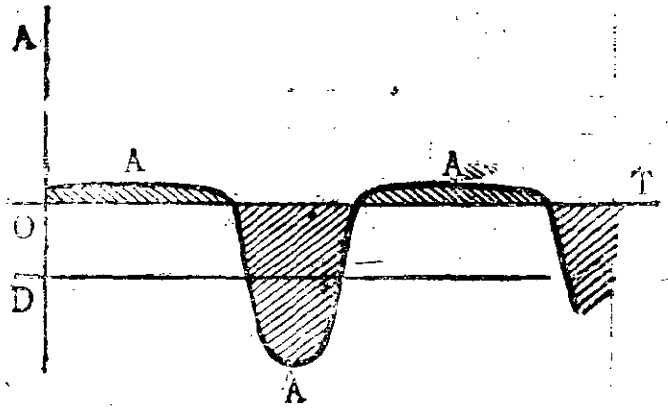


图74 平均电流

不会过多考虑这个问题。这问题对我们来说，比起直流或交流不是那么熟悉。首先要注意的是电流表，因为总的来讲，电压表仅是电流表的一个类别，电流表目前有二种类型：动圈式和动铁式即电磁式。同一类型中这个和那个可能有些变动，但并不能改变其原理。这些都很熟悉，不再介绍了，只把它们的主要特性介绍一下：

动圈式电流表用于直流电，按其电流方向可以向这个方向或向另一个方向偏转。接到交流电上，则线圈和指针会尽可能随着电流变动。但，这样指针指在0上不能达到测量目的，实际上它给出交流电的平均值，这个值刚好是0。

电磁式电流表，是以在通电流时利用二个磁铁相互排斥的原理为基础的。电流造成的磁性方向改变，而排斥既不取决于磁性方向也与建立磁性电流方向无关。电磁式电流表的指针在交流电下也会偏转，但直流电下活动组件的偏转角是取决于双倍电流值，即取决于电流的平方值。因为磁性与电流强度成不成正比也只是一个近似值，要说明的是电磁式电流表的刻度并不是均等的，并且刻度表示的是平方根。在交流电情况下，每个瞬时值的偏转使得指针跟随着这个值，偏转量则与瞬时值的平方成正比，由于惯性，偏转的测定只测这平方值的平均数。如果刻度是电流而不是按平方的平均数，则指针指出的是瞬时电流平方平均数的均方根，也就是给出了交流电的有效值（要知道直流电在同一时间内产生与交流电相同的热量）。

脉动电流时就成为这样：

动圈式电流表总是指示电流平均值，这是由于整流器输出的脉动电流总是相同方向，或者至少一些主要的值在一个方向，平均值就不会是零，而且电流表可以给出其数值，动

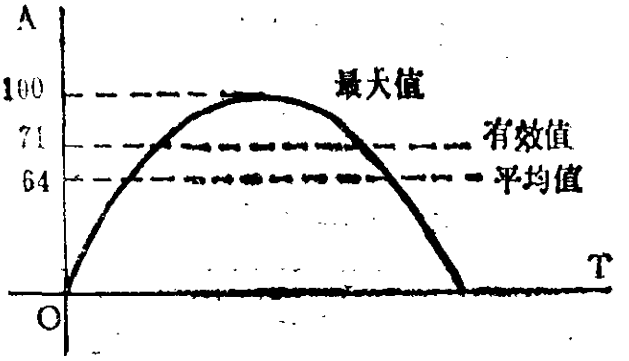


图75　有效值和平均值

圈式电流表可以指示出充电电流。如果按图74A曲线的电流强度与时间的关系，则电流表给出的平均值为图上直线D。另外，还可以知道蓄电池取得的电量等于电流强度为固定值的一段时间内电流强度和时间的乘积。总之，这个电量可以测量曲线A和横座标之间所包含的面积，上半部的面积比下半部面积小得多，这是相当于蓄电池在放电，并应从下半部面积中减去。这样，在这二个面积测量时，考虑到相同周期数的条件下计算出来的总面积等于直线D和座标OT之间的面积。

在多相电流的情况下，如果曲线(图73）决不会与横轴交叉，则整流器的反向电流都是引用于起作用的相位。

至于电磁式仪表，测定脉动电流时它给的象交流电一样是有效电流强度。在直流电条件下，有效电流强度等于平均电流强度。在脉动电流条件下，有效电流强度高于平均电流强度，比如，取图75上的被整流后非常接近正弦曲线的交变曲线，又假如其最大值为100，则其有效值可能为71，其平均值为64。平均值和有效值的比为大家所熟悉的叫作电流的波形系数，它取决于所给出曲线的形状。这个值可达到1.5甚至更高，它随着交流发电机线路的一些特性因素的改变而变

动，同样也随着转速而变动。因此用电磁式电流表，如果希望取得平均电流，而实际它给出的是一些有效电流值，而不能取得精确的结果。

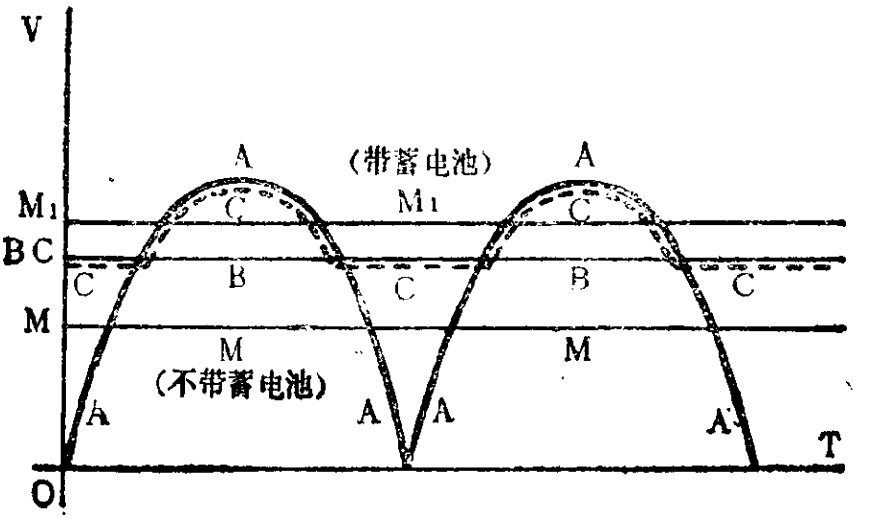


图 76　带蓄电池或不带蓄电池的平均电压

我们讲的关于电流表的情况作一些变动可用于电压表，根据情况使用平均电压或有效电压。

测定脉动电流的这些仪表有着一些特殊性是不应忽视的，这里有二个例子：

第一，关于电流，这里有一个交流发电机和一个蓄电池的充电线路，用串进一个电阻来调节电流强度（这在汽车蓄电池中并不存在）。这就不应忘记，如果平均电流强度有利于蓄电池，就应考虑有效电流值是用来计算电阻值及其发热程度。如果蓄电池用 10A 充电，则在考虑到电阻发热必须用 15A。

第二，关于电压，这种情况十分稀奇，象第一种情况那样，至少在其电压的方向性不良时就是这样的。实际上在没有接上蓄电池时，对整流后的电压平均值的说明是很细的。取单相电流整流的情况来看(图 76)，与曾经采用的其他一

些图形相反，我们采用了二种发电装置的反方向作为电压的正方向。在整流器的输出端，电压的瞬时值由曲线AAA……给出，平均电压用直线M来表示。如加上蓄电池，其电压由直线B表示，电压瞬时值就接近CCC…曲线了，其平均值由在直线M上面的直线M_1体现出来。按我们的图并没有研究有关充电时电压降，和有关蓄电池的电压的增升和角位差的一些不可捉摸的情况，问题只关系到原则。大家都懂得，整流后的平均电压在线路打开时小于蓄电池电压并不会造成不能对这个蓄电池充电。

应该习惯于研究对脉动电流的理论。

七、关于调节问题的对话

L——我所得到的一些启示和反映促使我又来和你谈论一下关于调节器的问题。

V——如果你愿意，我们可以讨论，特别要讨论一下调节问题。来提高我们，以便实际上将模糊不清的问题，能让我们有个清晰的概念。

L——请相信我能按照你说的做，我是一个机械专家，对电学知道不多，更不是概念专家。

V——你错了，你要经常使用这些概念，例如（指着在L露在口袋外边与活动扳手相碰的起子）你是一个使用起子的能手，因为你有起子的概念。要是没有这个概念，在你学会这个起子的使用之后，你就应该再通过了解手柄、刃口、长度或者其他特性再学会使用与第一个不同的另外一个起子，因为你对起子本身并不认识。从使用第一个起子起，你的知识和你的短暂时刻的经验可使你指出对第一个起子的用法和看法以及对起子的概念，好象对待具有同一目的所有工具一样。要是没有这些概念不可能获得记忆和经验。

L——该死！谁有那么好的记忆，记得那些概念？

V——可能有……，还是回到调节的正题上来吧！请提问题吧！

L——那么什么是调节呢？

V——在一台机器中所谓的调节是当一个A要素是不可

避免的要变动时，会牵涉到B要素不可避免变动的变动，由于这个B要素同时要变动，必须有一个称之为调节器R的装置作有可逆性的修改，就象调节器是在控制B要素，使之在一个严格的恒定值上，或至少是在很靠近的 M_1 和 M_2 2个界限之间。

L——这太抽象了

V——好，具体地说：在汽车发电机中，马达转速的变动是不可避免的，这样就牵涉到电压和电流的变动，进行调节，这是利用这种变动来改变电气装置中某个事物以保持电压和电流在一个可接受的范围内，修改应该是可逆的，这样就回复到先前的转速，以便恢复初始状态能够重新起始。

L——即使你讲的是电压和电流，我也懂了。我注意到二方面：一方面人们不再谈到关于交流发电机的电流调节器，如同将来出现的发电机那样；另方面，我考虑为什么要区分电压调节器和电流调节器，尽管都知道一个确定的机器中，在一个确定运行状态下，电压不是与电流无关的，而是互相影响的。

V——在你第一方面所注意到的交流发电机上，电流调节器不再是一个问题，我要回答说人们总是在谈到电流调节的事。交流发电机的电流调节是由其发电装置的线圈本身自动地实现的，这是由于其阻抗随频率变动所致，我不再强调，因为这是通常讲到的问题。

第二个你所注意的问题是很微妙的，并且值得详细的研究一下。确实，电压与电流是互相有联系的，改动了一个会牵涉到另一个。但是当讲到电压的调节或电流的调节，或更确切地说，是通过电压来调节或通过电流来调节，人们想要选定一个电气要素来作为限制变动的信息指示和进行干预的

要素。简明地说，用图解的部件一个部分是发电装置，另一部分是一些用电设备，其中也包括蓄电池，它对发电机来讲是一个接受装置。发电装置基本上可简化成在一个产生电的线圈，同时可使电流的输出做到与发动机可能转换出的能量成比例，并适应汽车的需要。这个线圈的特点应该可以输出可变的电流值，而电压对于感应线圈来讲是第二位的，并且它是由多种很复杂状态的因素所引起，可以写成：V=f(I、N、i、t)这里I是输出电流，N是转速，i是磁场电流，t是温度，输出电流由于发热可能产生有害影响。

其他剩下的部件包括磁场线圈在内象是一个由感应线圈供电的专用装置，以承担一些指定的任务，它们都要求固定的或几乎是固定的电流强度，也就是说要有一个很精确的电压值。对用电装置，电压的概念是主要的。因为，要是每个用电装置都有一个特定的电流值，则每个装置都是按相同的电压制造的。与磁场线路相比，蓄电池也是一个特定的用电装置，已逐渐成为电源装置。特别使我们感兴趣的是：它可能接受数值差别很大的电流，它的电动势和反电动势的作用，也就是说它的充电状况。当充电时，强加在蓄电池上的是一个强大的充电电流，这不仅是浪费电能，而且使电液电解造成液面下降的危险。必须使蓄电池电动势与发电机电压在其充电时接近平衡，这时仅取一个不大的电流。

结论：为了防止发电机的过热必须限制其电流，交流发电机就自动进行此项工作。为了避免用电装置由于超电压而受损伤和蓄电池过度充电，必须限制电压。

L——(冒失地)那么起动机呢？

V——起动机不存在调节问题，因为它是用蓄电池作为电源(当然不是坚持的)，所以只有转速是讨厌的事。原则上，

一点也不能控制它而必须用一个随机变动的因素来补偿其变动。这个因素是磁场电流，用手动调节电阻不可能跟得上这个变动，必须用一个调节器那样的自动装置。所谓的自动就是说要用一个特别警觉的因素有意识地加入调节工作中去，这个因素就是电压或电流。

一个调节器可理解为：磁场电流的调节部件，一个电压或电流控制的部件。在传统的情况下，所谓调节器也就是一个中继部件。

L——为什么要防止转速的变动？为什么不来控制转速本身呢？

V——已经这样做了，还有什么没有做呢？在发动机和发电机之间来自动的改变转速，这个自动作用必须用转速本身来操纵。然而，转速本身并不反应出确切的电的状态，对于最后要调节的电压或电流来说，转速仅是一个确定的因素。用速度来控制调节是不可能达到很稳定的状态，必须用其他事物来调节转速，例如制动产生太大输出的转速。但最好是由电的本身来监视电量的大小。

L——首先研究一下电流调节问题。

V——先放下这个问题。因为电流的调节在我们的交流发电机上已经有了，现在来研究一下电压调节。另外，如果研究一个直流发电机的电流调节时，可以确切地发现也用这些同样的原理，最终是使用改变磁场电流来完成这种调节作用，也就是说发电机来输出电压。

现在来研究一下电压的调节作用，必须明确电压调节的主要目的是为了调节蓄电池的充电电流，当蓄电池充电时，希望小一点；当放电时，则希望大一点。用电设备运行所必须的电压的稳定可以得到保证，此外对于蓄电池所有调节状

态也可得到保证。

在研究电压调节器机械结构之前先提出下列的原理：因为电压调节是用电压来进行的，这种电压必须是变动的，假如不变动，这个问题就不存在了。只有这种变动才能引入一个可感受到这种变动的新部件中，即使允许这种变动，其绝对结果亦不再考虑。因此，有意实现一个近似的结果。这个结果使被实现的变动电压更接近完善，并限制在很狭的范围内，适合于用电设备正确的运行状态。用电设备需要一个很好的特性，计算一个蓄电池充电终了和放电终了时之间的电压变动，可以看到这个变动要达到25%。

现在来描述一下一般状态下的现象，尔后讲一点抽象概念。我们希望保持电压U，这个电压假设是由相应的N和i值得到的瞬间值(我们忽视了温度)，电压调节器是处在磁场线圈中给出电流i的A_1状况。

——假设转速从N增加到N′，电压从U成为V_1，并且磁场电流i到i_1，这种调节器成A_2的工作状态，使得i_1成为比i更为低的i_2，电压降到比V_1和U低的V_2。

——机械机构的A_2状态消失，并再回复到A_1状态，这种状态为N′给出高于V_2和U的V_1。

——机械作用重新开始，即使转速保持在N′，电压在V_1和V_2值之间来回变动，U值在中间。制造厂的技术和经验是在处理惯性、间隙、磁饱和自感方面发挥作用，使得电压极快变动，其平均值正好为U。

T——图形显示无疑就是这样的了。

V——当然，为了不太抽象，我们联系到一个简单的和试验过的机械装置，以便更好地理解我们的意思：这里是一些大家十分熟习的传统的单级振动机构图(图77)，在图上作

2条轴线(图78)，一条是转速，另一条是电压。再作两条曲线C_1和C_2表示线路开断下转速变动时得到的电压。前一条设想的是振动触点闭合时，而第二条是振动触点打开时，第二条在第一条的下面，因为磁场线圈加进了电阻。第一条曲线相应为调节器A_1状态，第二条是A_2状态。再作一条水平直线D相当于电压T，这时调节器的电磁铁是有足够的力拉动振动片而使触点断开。T正好在U的上面，当速度增加时，则按下面情况运行：

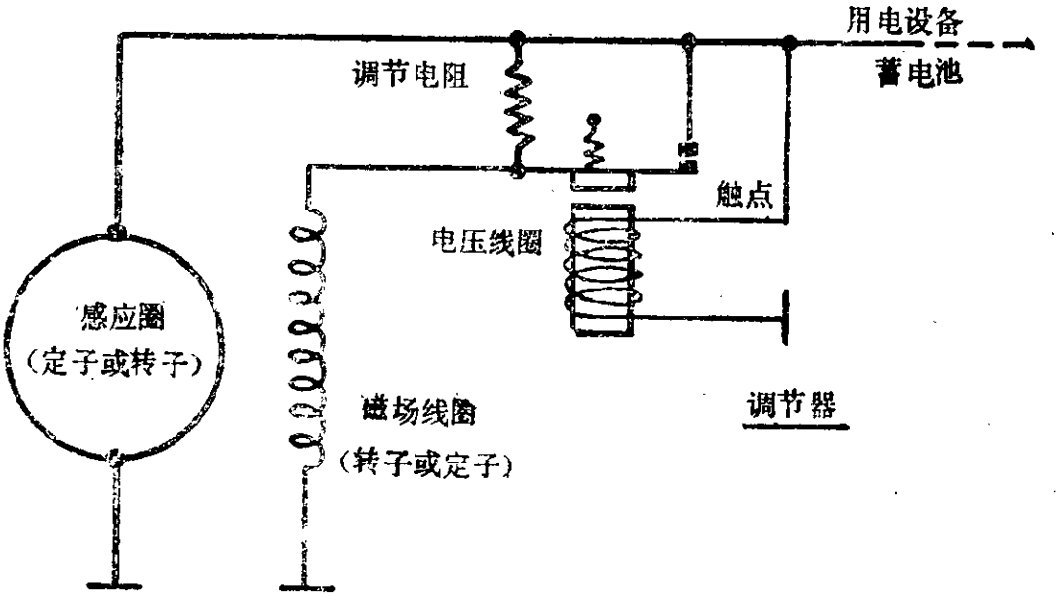


图77　单级电压调节器的振动部分

——尽量使电压低，以便振动触点断开，所表示的点顺着C_1上升，在速度N达到理论上的电压U，这是所希望保持的电压。在速度N_1达到了T，触点还是闭合状态，这时拉动振动片的吸力起作用，这个装置离开了触点闭合的A_1状态而转到触点断开的A_2状态，并在曲线C_2上。为了了解这种转变，来研究一下速度N′。很明显，这是在C_1和C_2曲线之间的一个值，在每条曲线上分别相应为电压V_1和V_2。

当触点闭合时，由于 V_1 高于T，调节器电磁铁打开触点。但是当它打开时，很明显 V_2 就小于T，而且触点闭合，所以，电压就在 V_1 和 V_2 之间摆动。这种电压摆动在 N_1 和 N_2 之间的所有速度范围内都存在，速度 V_1 和 V_2 在曲线 C_1 和 C_2 上的越高，则触点保持打开状态的时间越长，因为断开的动作越快，则回复动作越迟缓。可以设想，在速度为 N_1 和 N_2 之间可以形成一个相应为触点快速振动的平均电压，这个电压等于理论上电压U。当速度超过 N_2，这时 V_2 等于T，只能使用 A_2 状态，并且电压升高到高于U和T。总之，在停止和高速度之间的电压变动用画的粗曲线来表示。

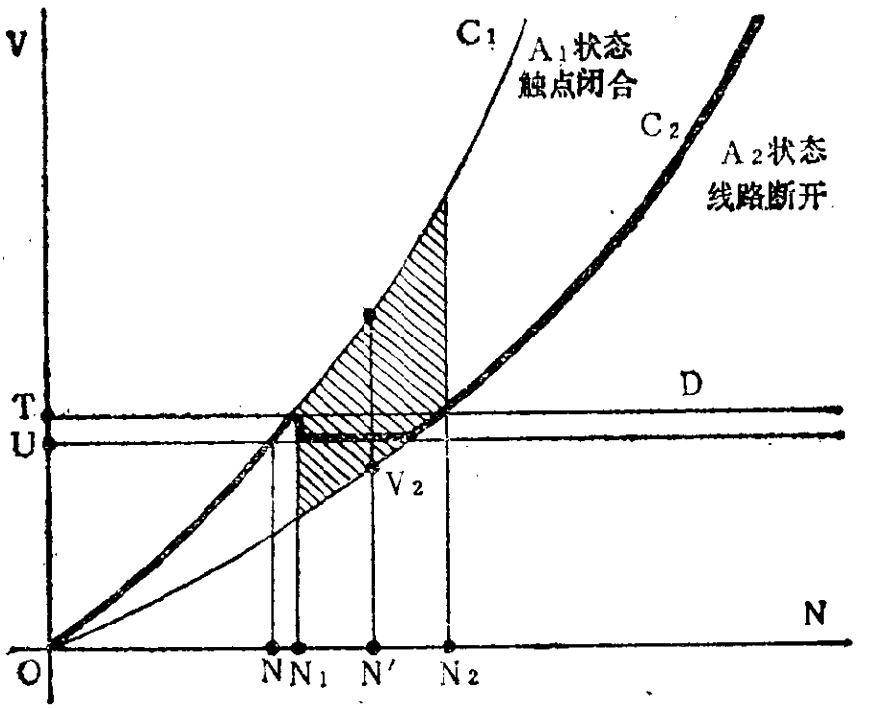


图78　一级调节器的调节作用图

L——为什么在速度 N_2 之前在 C_2 曲线上画粗线呢？

V——尽管完全是按理论上讲的，但还是这样画，因为对于极为接近 N_2 时的 C_2 线上电压，可以设想电磁铁没有释放振动片。由于振动片太靠近电磁铁，振动已不再象 N_2

以下速度的情况。当然，制造厂可以选择多种不同的特性，以使 N_1 相应为怠速，而 N_2 高于允许的最大转速。

注意，我们所讲的是示范和教育用的说法，我在考虑是否这样机构不能成为自动化或控制方面的试样，这种试样常常在古老和令人敬佩的蒸气机球形调节器上去找到，这个调节器成为瓦特的光荣之一。假如说球形调节器常常可作为纯机械装置中的参考，那么，振动式调节器则可以作为电磁装置的范例。球形调节器产生的摆动使得速度接近一个要求的值。同样，振动调节器建立起一个接近电压平均值的快速摆动。

L——N_1-N_2 范围太狭，为加大在此情况下调节器的作用，是否可以设想按我们已看到图（图79）上的双级调节运行？

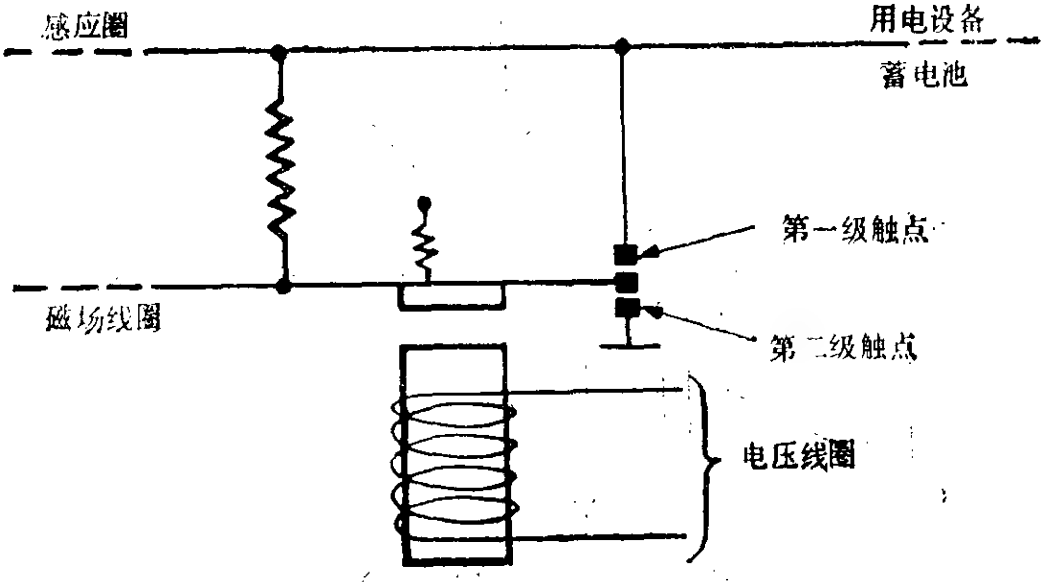


图79　双级调节的振动部分

V——这个双级调节运行完全可以转换成我们的图（图80）。第一级的曲线 C_1 和 C_2 后再加直线 C_3，它基本上可和速度轴相混合在一起，但为了图形清楚，我把它分开画出。实

际上，当磁场线路被短路时，因为自感电流的流动，这个现象是复合的。我们所研究的往往存在于示范的图中，当速度超过 N_2 值，例如达到 N'' 值，调节装置摆动使其电压值在 V_2 和 V_3 之间，V_3 几乎为零。假如所有特性都要实现，则全部都变成如同将粗线延长后所表示出的平均值，在这二个图形(图78和80)上画了剖面线的部分相应为电压摆动部分。不能将电压的摆动与这张图上没有作出的振动片的摆动相混淆起来。

L——从一个级到另一级的性能过渡，无疑应该在制造厂给出的说明电压与电流关系的曲线上表示出来。

V——应该说是电流随着电压的关系曲线，这里的一条传统的特性曲线是同时调节电压和电流的，并且用一个特性曲线的中断来表示出这个过渡，这种形态的特性(图81)表明这个装置不够完善，在这种曲线上的振动区，不应有这种弊

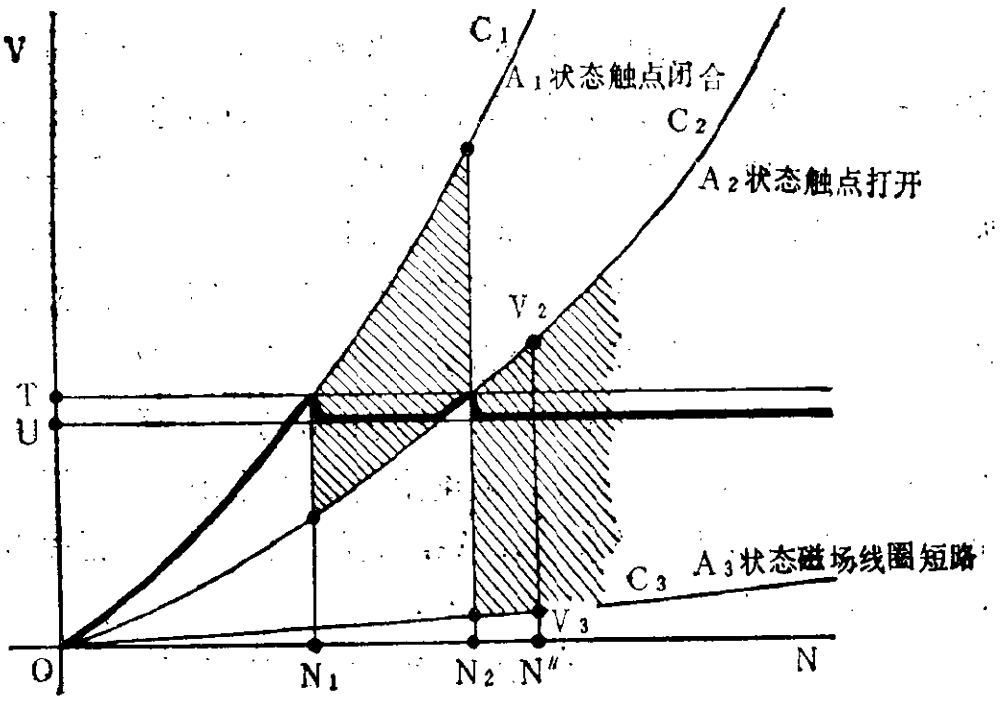


图80 双级调节器的调节作用

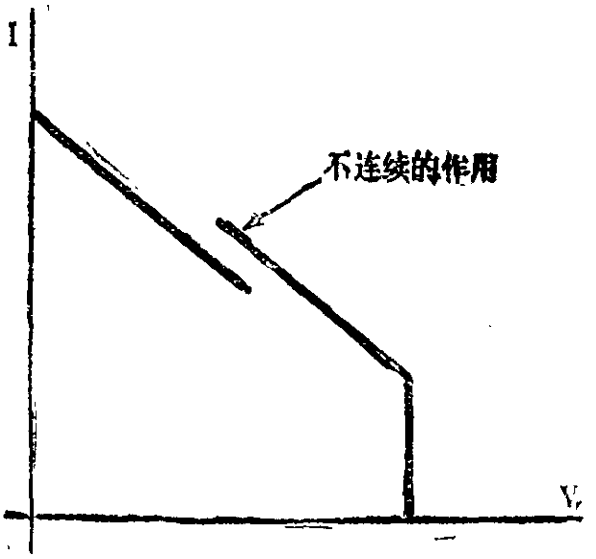


图81 I=f(V) 的特性曲线上过渡到第2级的作用

病和不应该碰到这种现象。

L——既然调节器是一种自动调节电阻的型式，为什么局限于2级调节呢？可以做到有更多的级数，工业用的电阻可有许多的接触点。

V——有些制造厂有时是这样做的，其简单的示意图如图82。电阻分成固定相连的4个部分，其相对应的和振动片合在一起的弹性片上有4个活动触点，振动片的或大或小的吸拉力逐渐地切断这4个触点。这样就可将这4个电阻 R_1，R_2，R_3，R_4 接入磁场线路，在第一对接触点上振动就接入到电阻 R_1。在第二对触点上振动一方面接入到 R_1，另方面接入到的是 R_1+R_2。在第三对触点上振动可以接入到 R_1+R_2 组和 $R_1+R_2+R_3$ 等等。理论上的图形（图83）包括5条曲线相应为5个装置 A_1，A_2，A_3，A_4，A_5，我用剖面线表示这些振动区，并用一条粗线画出这个电压的平均值。

不应该忘记这种装置的逐步递升性是基于振动的原理，或者更确切地说是建立在一串不同区域之间的振动基础上

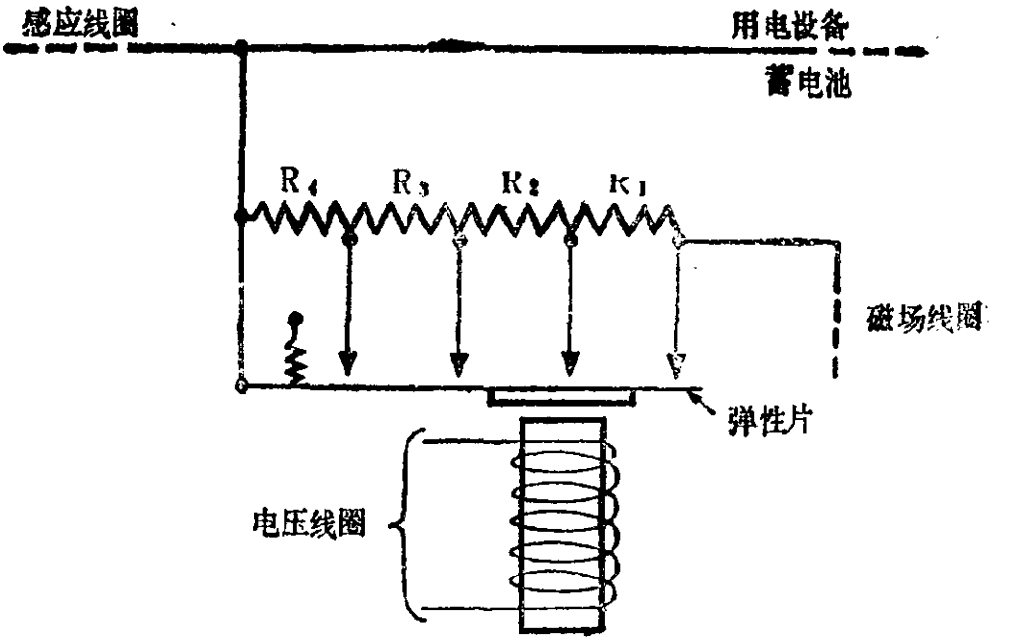


图82 多级调节的振动作用

的。一个真正的逐步递升性是在使用炭元件中发现的。这些炭元件的电阻是随着加在炭元件上面的压力而变化的。这些加压部件中的一个部件是由一个根据调节电压供电的电磁铁产生的。在碳元件中，电阻的变化是连续的，而在振动触点的调节周期内是达不到平均电压的，但是处在2个变动极限之间(这可以认为是一个平均值)。在炭元件中假如偏离这个平均值，就可逐渐地恢复到这个值，假如偏离平均值越大，变动速度越慢，并对较大的偏差作补偿。制造厂的水平应该表现在，能将调节元件的极微弱的变动以灵敏的动作反映出来。一个特别要考虑的部件是吸拉作用造成空气隙的变动，气隙的缩小极大地增加了吸拉力。

联系到运行情况的调节器的调节的改变和灵敏度的改变的概念，导致我们排除了两个原理：

——当研究振动时，很明显，必须使之便于提高振动频率以补偿不灵活造成在平均电压范围内，电压上下的变动的

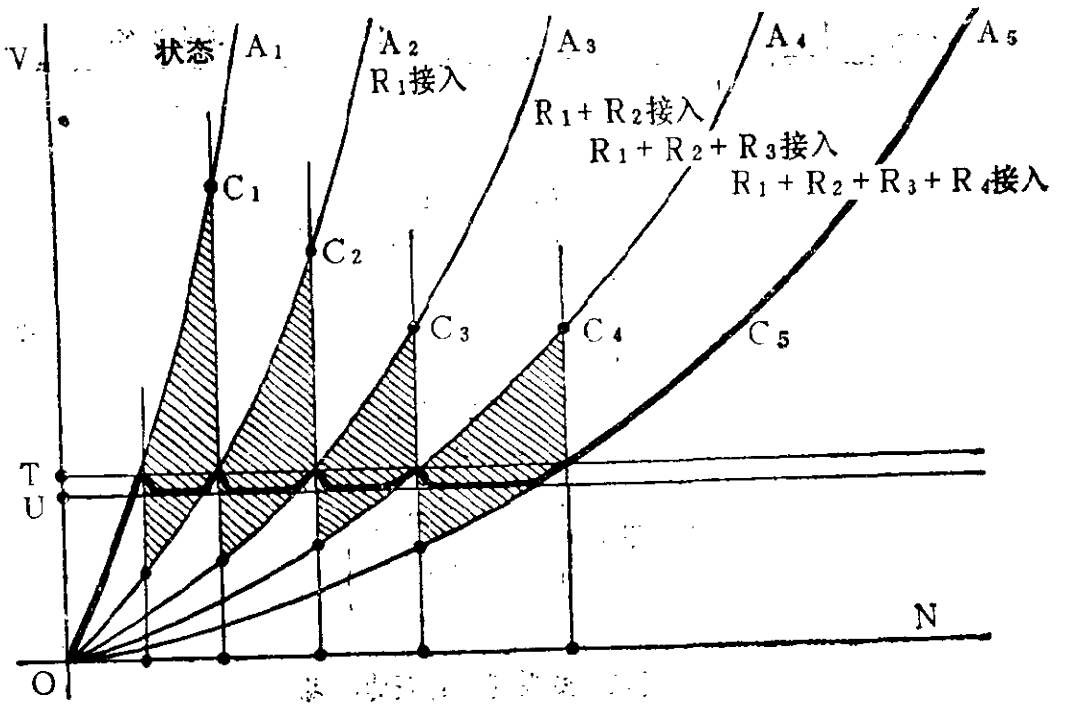


图83　多级调节作用图

值。为此，在电压变动一开始，就应让吸拉力下降，这时，触点中断，导致电压下降，加入一个去磁线圈或者一个振动线圈。

——当研究逐步递增调整和尽快调整所研究的值的时候，必须增加其敏感度以使电压变动微小。

L——你所向我阐述的都是用电压线圈和触点的电磁铁调节方式，可是，目前越来越多地使用电子装置……。

V——对的，但是同样可以进行瓦特的球形装置开始的控制方式，同样也可以说振动调节器是这个调节方式的开始，所有我们说的这些都是很容易转换成电子调节器的，电子调节装置也用传统概念的，对此不再重复，只作简要说明。晶体管，二极管和闸流管象振动装置一样具有切断和接通磁场线路的功能，可以认为利用电子装置的灵敏性能避免由于

机械触点造成的激烈的切断动作。完全不是这么一会事。而应更好地研究确切情况，以便使半导体的工作有一些暂停的时间(很短，但是不断重复)来限止其发热。

类似的结构在不断出现，多种阀值分级的闸流管的出现使得在电子调节器中又出现调节分级的概念。

L——所有这些都是以减少激磁电流或多或少地来补偿速度的上升，所以还应该有一个激磁电流……。

V——我看你对某些方案太熟悉了。很明显，假如带线圈的磁场是由永久磁铁代替，要改变磁场的磁力线就有麻烦了。虽然这不是不可能的，例如用改变气隙的办法，但是还在寻找并已经找到其他的方法，我们以后再来说明。电子器具日益完善，对交变电压我们可能找到一些办法，而这些办法离开我们的振动触点，并不是如此之远，而是在我们引入的概念范围之内。

L——最后一个问题。刚才，在开始描述振动触点的图形，你是处在发电机开路情况中，这不是发电机的正常状态。

V——这是为了简化，并且取一种现象尽可能达到纯正状态，假如发电机是在闭合线路中，那应作些什么改变？这要加入一个感应圈的反作用，而这一点也不会改变其基本现象。

八、交流发电机特性的标志

交流发电机的基本曲线

图 84 是交流发电机的线路图，它的基本特性 U=f(I) 在转速 N_1 带整流器时，是与直流发电机的特性相似；这就是图85上的曲线 C_1。正如所示出的交流发电机仅仅是一个并激发电机，但是其整流是用二极管来替代转动的换向器并给出一个电流，即使不算是直流至少也是脉动电流，比起直流发电机的电流脉动并不算大（因为直流发电机从理论上讲总有一点脉动的）。曲线 C_1 是磁场线路给定的一个状态，一个确定的温度，特别是一个转速 N_1。之后，使磁场线路和温度不再变动，N_2 要用 C_2 来代替 C_1，N_3 是用 C_3 来代替的，以此来推，使其完整。交流发电机的基本特性是图85中所示的一片曲线。交流发电机与直流机相比的特点是在转速增加时，转速变动相同值的曲线变动越来越靠近，这是由于频率的上升以相同的比例增加交流发电机线圈的反作用。

制造厂习惯上不给出这样一束曲线，因为，在汽车上交流发电机显然是与蓄电池一起并联工作的，也就是讲电压的变动不大以便适用于多种用电设备。以后，这是有利的。这不是电压这样的变动，而是电流与转速成函数关系的变动，特别是永久的变动。

制造厂也用一条水平直线来切割图上的一片曲线或近似

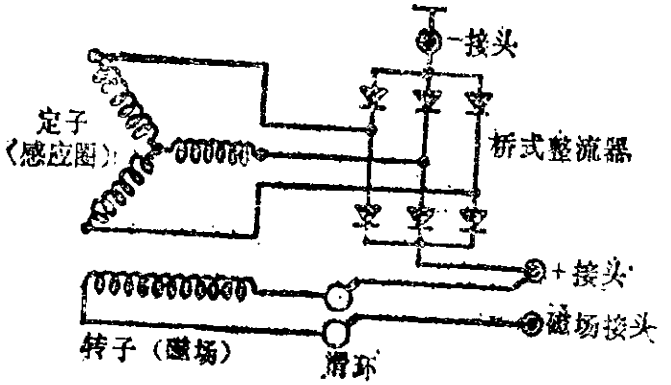


图84　有三个引出接头的交流发电机线路图

的一片曲线(后面要说明这一点)。暂时让水平线 D′ 与电压 U′相对应，并且其与 C_1、C_2 等相交叉的线给出几对电流和转速的数值，这可构成一条交流发电机所定电压 U′ 下的曲线 I′=f(N)(图86)。在曲线 I′ 上将 C_1、C_2 等曲线的点凑

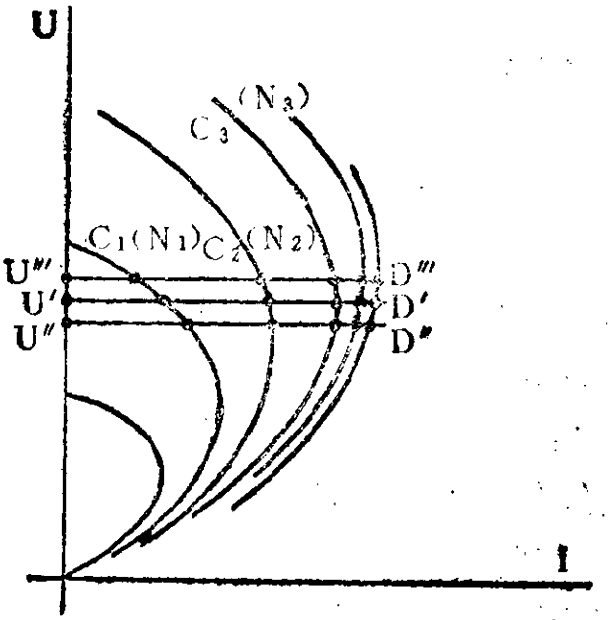


图85　交流发电机的基本特性曲线

起来形成一种十分熟悉型式曲线，根据机器的特性及其磁场情况显示出快速上升和变平坦的部分，显然，感兴趣的还是电流快速上升部分。

水平直线 D′ 的情况

电压 U′ 一般是蓄电池的电压或充电过程中的电压，为了了解电压情况现抄录一些制造厂推荐的电压：

28 V　　12个单格……每个单格2.3V

26.5 V　12个单格……每个单格2.2V

13 V　　6 个单格……每个单格2.2V

14 V　　6 个单格……每个单格2.3V

28.5 V　12个单格……每个单格2.4V

某些制造不注明电压 U′，我们认为他们是错误的。他们可能认为存在一个标准电压，于是很容易反复提到它。他们提出的理由是：假如使U在蓄电池范围内，那他们可能认为这个差别不大。如果考虑 U″ 和 U‴ 为限值，那么蓄电池的电压就没有什么差别。对曲线 I 不可能有很大影响，这是事实，但是应考虑到精确度的问题，而精度在汽车工业上厘米和毫米之差都是十分重要的。无疑，感兴趣的是再给出更多的切线来。

有些制造厂的技术说明书十分有趣，这些厂给出电压按比例的各条曲线，例如一个 12V 标准电压，其值为 12、13、14、15和 16V，也就是说单格电压为 2、2.1、2.3、2.5 和 2.7V，这曲线包括了全部充电情况，并且可以再构成 图 85 上很有用的一组曲线。

实际上在图86已采取了按比例的特性曲线，并由每条垂直线表示实际速度，例如 N_1 或 N_2 或 N_n，通过与曲线I′，I″等的交叉，可以确定好多点与电压 U′，U″ 等和在 I 轴上表示出电流相对应。这些成对的值可以在图87的图形上再构成某些点，相应为与转速 N_1，N_2 等有关的曲线的特性点。

四十七、带内装调节器的巴黎·罗纳A13R3型交流发电机

交流发电机

图340为 A13R3 型交流发电机的全视图，它是双卦脚“bi-patte”式发电机。图341为其外型尺寸图。这种交流发电机可在发动机罩下的高温环境工作，负极接地。

从图340、图341以及图342中可以看到3个接线柱：①与蓄电池相连的“+”接线柱；②与接地相连的“—”接线柱；③接线柱“Reg”是磁场绕组电路（包括调节器电路）的接线柱。它没有连接充电指示灯的接线柱，因此，充电情况只

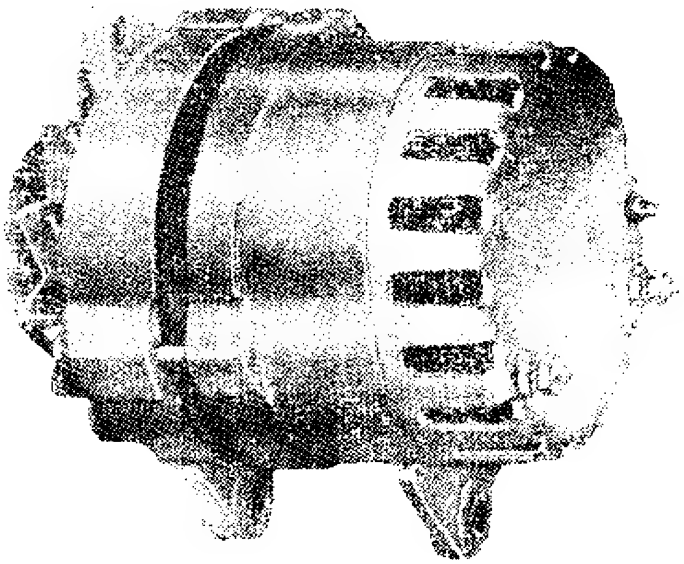


图340 巴黎·罗纳A13R3型交流发电机

够得到最强的电流和最大功率。

斜直线 D′ 的状况

如果愿意，简单方式取水平直线 D′ 也没有什么不合适的，而且易于凭经验找出图86上的曲线。实际上不可能把交流发电机接在所希望充电状态的蓄电池上，并使电机按所标定的电流逐渐加快转动，因为电压在工作过程中不会都是一样的。一方面蓄电池内部的充电损耗从开始就加到电动势上去并逐渐增大；另一方面蓄电池充电其电动势要提高，随着活性物质空隙中的酸浓度加大同样地增加了电压，就只可能有一条近似值的曲线。所以，应该进行一种更为复杂的工作。

某些制造厂为了回答这个问题，使用了一条不是水平的直线 D′ 而是一条向上斜的直线，这条直线的座标U和I是用大家熟知的关系式来确定的：$U=E+Ir$

这里 E 是蓄电池电动势，而 r 是内阻。

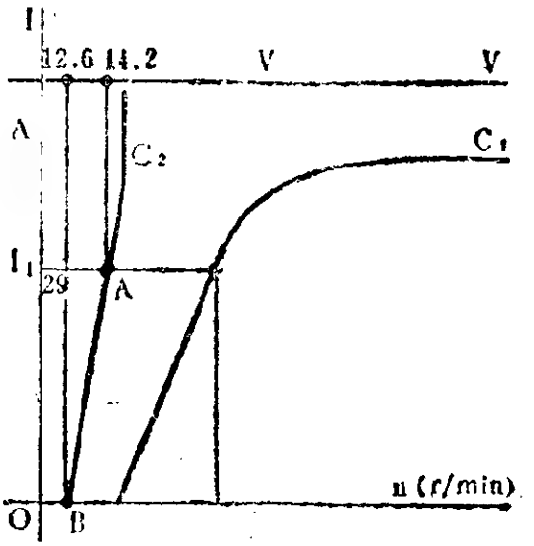


图83 电压变动时的电流与转速关系的特性曲线

E取决于充电状态，Ir是内部充电损失。得到这些值没有什么困难，并且所得到的曲线I=f(N)的形状是与习惯上一样的(图88)，但是要清楚地表明图上的下面部分的图形，可以采用如下方式：按习惯作出曲线C_1，但是为了确定电流I_1时的电压，作一条相当于这个电流值的水平线，取其与曲线C_2的交点A。C_2这条曲线实际上差不多是一条折线，并且C_2曲线给出的电压按图形上部的一条座标轴线的特殊比例，这条座标线是平行于速度横座标，并且大小用伏特来表示。这条曲线上的B点是在速度座标轴上，这点的电压是没有电流时的蓄电池电动势。假如取曲线上另一点A，也就是有一个确定的电压和电流值，用这些值可以来求出蓄电池的电阻。例如：如果B点为U=12.6 I=0，而A点U=14.2 I=29，则U=E+Ir可以写成为：14.2=12.6*+29r。这样r=0.055Ω*，这就是起动型蓄电池的内阻。

曲线C_1大致为二条直线用一段圆弧联接起来，电压曲线C_2是一条折线，上半部几乎平行于垂直座标，电压**增加得极慢。

曲线C_2的横座标轴是电流，其纵座标是在上面部分的有特殊比例的电压座标轴，它与速度座标轴无关。电压座标的比例原点不是在V和I轴的交点上，因为很低的电压是没有什么意义的。

调节器的特性

交流发电机不需要电流调节器，因为图85上末了的一些曲线在转速很大时都紧缩在一起，自动地限制了电流的提高。

---

* 原文为12.7和0.05——译注

** 原文为电流——译注

这个调节作用对交流发电机和对蓄电池都有好处，即避免了速度增加引起的危险电流。这个优点只是对交流发电机有用（电流调节器仅在直流发电机上使用的），对于蓄电池讲这个优点并不确切，因为只有在蓄电池局部充电时才不惧怕大电流。或者，电流的自动调节作用在蓄电池已充电或还未充电都不能阻止蓄电池接受这样多的甚至更多的电流（见图85和87）。蓄电池需要一个调节器，电子的或者非电子的，以防止电压超过一定的值，也就是(图89)所有在R直线上面部分的电压U都被切掉并用R来代替。

在这些情况下，当蓄电池将要充电时，得到的电流可能很小(或者没有)，因为其特性曲线 U_2 与 R 相切点A靠近了电流轴线上(也可能就在这轴线上)。相反，当其要放电时，特性曲线 U_1 切直线R在B点，这一点标出的是所得到的最大电流，我们假设为曲线上的极限值M。

可以看到由蓄电池得到的全部收益是 ABD 已替代了原来的 ACBD，它取得的电流是按其充电程度而减小，也就是

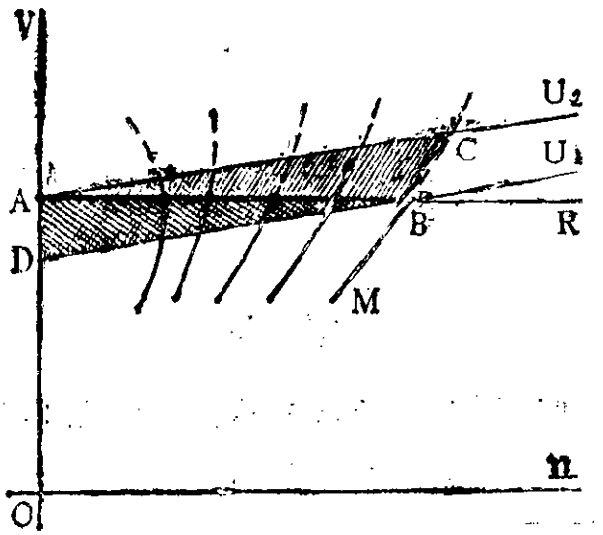


图89　调节器的作用

特性线从 U_1 上升到 U_2。当然，没有任何东西阻止 AB 线向高速方向有不大的斜度，这只能在直线交叉点提供稳定性并不改变原理。此外要说明的是调节器的理论特性曲线可按下面的理论过程来确定(图89)：鉴于M曲线相应为最高转速和二条蓄电池的电压极限特性线 U_1 和 U_2，电压调节器的特性曲线可为直线 AB，它可以是水平的，也可以向下斜或向上升。

带调节器的直流发电机的特性曲线差不多为二条成直角的直线组成，以表明先是电压的调节和后是电流的调节作用。但交流发电机只有一段直线并且向高速方向倾斜，这表明是电压调节作用，直线的端点是发电机给出的电流极限点。

温度的影响

在研究中已将温度问题搁置一边了，然而，它的作用是不能忽视的。很明显，温度的变化对发电机是很重要，因为发电机是放在汽车发动机罩下的。

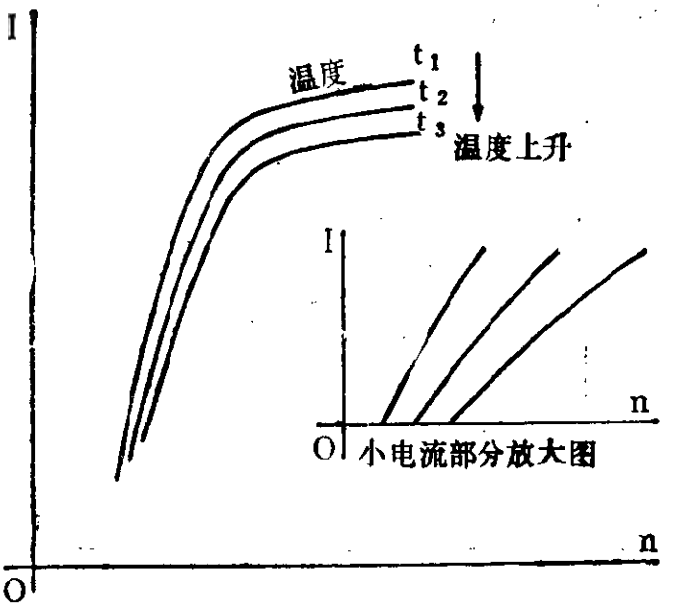


图90　温度在电流特性曲线上的影响

为说明温度的影响，某些制造厂用同一座标上作出多条特性曲线 I=f(N)，例如 4 条曲线相应 20℃，25℃，70℃和 90℃ 4 个温度，制造厂满足于指定温度的二条曲线，或者确定“热态”和“冷态”2 个特性曲线。在二条曲线之间可以画上阴影线以标明其极限范围，在这一极限范围之中可确定其运行点。总之，可以确定满足还是不能满足在正常运行温度下的特性。当然其确切程度是取决于什么样的人提出的要求，是广大读者、工程师、爱好者还是技术人员。当温度升高时电流减少(图90)。

在某些图中多条曲线有混淆的可能，就要采用一些不同比例的局部图形(图90)来说明。

至于调节器的特性，对温度同样是敏感的，可以适当的安排一些热敏电阻来使其稳定。由于蓄电池在低温下容量下降，可以随着温度的下降逐渐的提高调节的电压，使得比平常有更多损失的蓄电池接受交流发电机对它有更多的充电。制造厂给出了一些调节器调节特性线，上面的线表明为较低的环境温度(图91)。

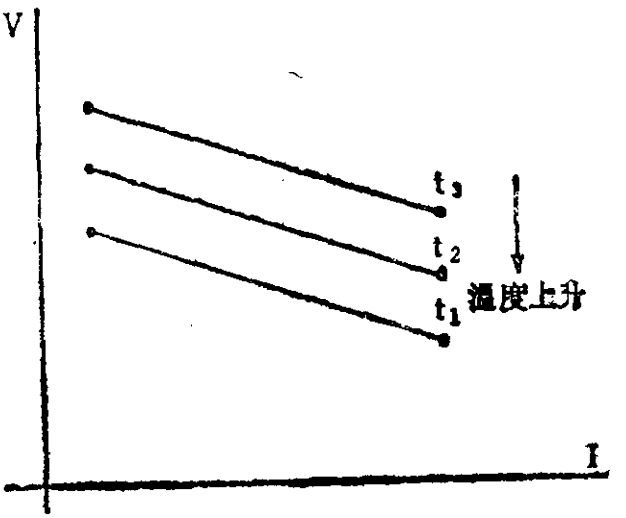


图91 在各种环境温度下的调节特性

线路电阻的影响

在图85上看到的曲线 I=f(N) 中蓄电池电压的影响，另外已说明了直线 D′ 的倾斜的作用是由于蓄电池内阻的原因，这是设想线路的电阻被忽略了的。如果其电阻是一个象隔离二极管一样的电阻，它就会按照一些特殊的规律，那样情况就不一样了。它可以使直线D′上升，因而有时在相类似的影响下曲线之间不再是平行的了，在串进或不带二极管时就会产生曲线交叉。

九、交流发电机的防干扰

无线电干扰的产生

无线电装置、发射机或接收机接收信息时，象本身预定要接受的信息一样也接收到本身不需要的信息，即使是一个优良的接收装置，对某些波长的信息作了预防措施也还是一样。假如干扰波是很宽并且功率很大，则有用的信息可能被一些无用的背景杂波所淹没。

所有通过交变电流的电气线路都可能按照交变的大小和速度，或多或少地永久性或暂时性地产生幅射干扰波。

防止幅射的干扰是一个很微妙的问题，需要研究各种电气设备可能引起的，对无线电造成的麻烦，并在实用中采取一些补救措施。

特别要注意研究的是关于点火，这种在高电压下的放电是一个真正的电磁波的发射装置，即使未发现，它也是干扰的。对点火装置 防干扰方面已有严格的规定，因为这关系到汽车以外的无线电装置，并且也涉及到每个装置本身的问题，以及受到其他装置的限制问题。在发电机、导线和用电装置上同样会有交变电流产生，但是频率和电压要小得多，它们同样发射电磁干扰波。这些波虽然是局部和个别的现象，但就不能很容易解决。因为麻烦的是这种干扰是局限在同一汽车上各个电气设备之间。

要知道直流发电机及其振动式调节器产生干扰，因为它们的经常处在火花下的线圈，换向器，触点同样会有极快的电流大小和方向的变动。但是可能认为交流发电机没有换向器和用没有触点的电子调节器就不会发射干扰波。可完全不是这样。这一点很重要，虽然不象换向器产生的那种干扰波，但确实存在着干扰。以此观点来看，由于半导体的切断作用，也由于这种切断作用是快速并且利落得多，就或多或少发射一定功率的电磁波，在接收装置上听到的交流发电机产生的干扰声是一种"隆隆"声(警笛声)，其频率是随转速而变化，而调节器则产生一种单独的爆炸声。发射出干扰的影响是有一定的偶然性的，就象直流发电机及其调节器一样，因为它取决于许多熟悉的或者还不熟悉的因素，特别与机器的特性及其接地有关。

干扰的传输

干扰能够传输到各种形式的无线电装置上，特别是通过导线和幅射。

传导性的干扰是由干扰源到接受装置的电线加进去的。幅射性干扰是干扰被再生和放火之后，从所有的导体上包括汽车本体直接或间接地发射出来的。

防干扰的原理

——所有的电流快速变动都可能发射出干扰。

——一些电气装置存在影响不大的电流变动，可能由于之后被放大而对无线电装置却有很大影响。

——由于一些不可知的线路上的缺陷，即使是暂时的就象由于锈蚀使接触变坏，对于设备的电压和电流都有影响，

对这些影响无线电设备必须要考虑到。

——具有直流电或很微弱的波动波形的电气特性对干扰不会有什么影响，但当加进一个不大的自觉或放置一个电路中常用的旁路电容，即使电流很弱但却有很高的频率。

——相邻二根导线都有很好的绝缘，假如这些导线都通过直流电那就不会有什么影响，但当通过高频电流时，就会产生很强烈的影响。

——对地的接触是一个很重要的方面，由于装拆和修理期间没有重视，有时接得不好，而在质量上受到接触状态的影响。

——防干扰总是比较容易用电容器、自感和阻抗等正确的方法布置、分路和组合等办法来实现，同时这些措施要尽可能靠近干扰产生的地方，以便减少传导和幅射干扰的可能性。

——由于电容器阻抗很低，干扰波很容易通过而被引导到接地点，这时直流电则不能通过。

——自感对高频波来讲有很大的阻抗。

——与工作用电流相适应的串接在导体内作保护用的阻抗，对于干扰波的传布也有一个很大阻止作用。

——防干扰装置使用不当可能添加麻烦，一个旁接在磁场接头上的电容器可能只会导致减少调节器的触点寿命。

补救办法和注意点

制造厂可以采用所有可能用的各种办法：无线电装置的制造厂可以专门供给适用于其无线电装置的装备和附件，并且规定安装方法和使用。交流发电机制造厂以供给用于这种机器上的电容器。

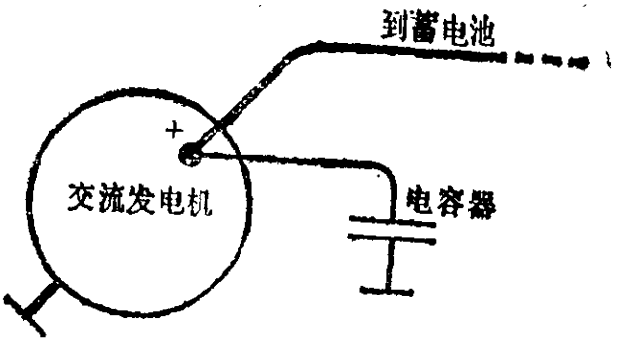


图92　用一个电容器防干扰

尽管注意到了这样一些方面，但还有一些干扰要研究其产生的原因，特别在交流发电机和其附件上。要首先消除在连接上和交流发电机以外的毛病，特别在接地方面所产生的问题，即使这一主要毛病可归咎于交流发电机，但有时采取改善措施可使这种不良影响减轻。要检查接地线是否在清洁的金属表面紧固而有良好的接触。要检查构成接地的总成与汽车本身之间的所谓"二次接地"是否良好。有些制造厂要使装备之间用电线专门再联结起来，虽然从理论上讲这些装备的本身已经接好地的，例如调节器和发电机之间的连接和发电机与发动机之间的连接，要注意做好这些连接并且按需要可再合理的加上某些金属编织线。假如这样做了没有起作用，则就应从交流发电机和调节器本身寻找原因了。

交流发电机——首先要在其绝缘接头(基本上是十极)和接地之间(图92)加上一个旁路电容器，电容器所选择的容量至少应为0.5μF，应知道在交变电压上旁路安装的电容器的作用是这样的：它起到一个存储器的作用以减轻交变程度。电容器的接地一般是直接接在交流发电机的外壳上。

电容器放在交流发电机的接头上，而不能放在蓄电池的接头上，可采用一些越来越大容量的电容器进行试验，由于

电容量比较大，要用一种叫做“化学”* 的电容器，它内部是一种能被电容器极板化的化学糊状物质，这种电容器尺寸就不会过大。

假如装上旁路电容器没有什么效果或效果不显著，则必须采用制造厂提供的带有电容器和自感线圈的滤波器。自感线圈串接在单独接到蓄电池的线路中，电容器是并接的。自感量及其电阻值(阻抗)是考虑到不会影响充电电流，但是要能消除脉动部分。滤波器也可串接在无线电装置的电源线中如图93所示。这里电容器的容量可到 1,000μF 甚至更大一点，要多次连续试验来确定。当然这就要用电解电容器了。

假如再没有效果，就要将所有可能产生麻烦的地方的导线屏蔽起来。

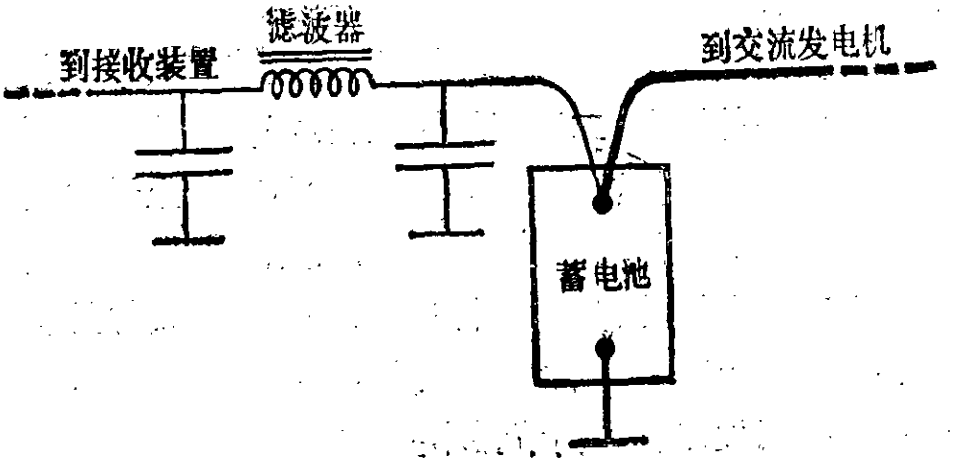


图93　装在无线电接收装置供电线路中的滤波器

调节器——调节可能产生形成爆炸声响噪音的干扰波，电子调节器也一样。采取的防干扰措施是在绝缘接头和接地之间加上电容器，在某些部分之间可以串联上一些电阻。

结论——可能会在一些很优良的装置上碰到一些很难解

* 原文(chimique)如此。应叫做电解电容器——译注

决的干扰，并且即使采用同一型上已经解决的措施也不能解决。这就得出了这样一个结论：并不是发电机和调节器的型式问题，而是看起来不大的联结不良问题，接地不好和屏蔽不好所造成的。必须研究发电机或调节器和无线电装置制造厂的建议，同时也要考虑防干扰方面专家的建议，下面给出的是这些建议的2个例子：

F.A.C.N 电容器——作为例子有二种情况：现有一个调幅汽车收音机，其安装情况按图94，装一个 3.33μF 的“无自感”的电容器对绝缘接头滤波就足够了，也就是不必要再加自感线圈，电容器在 F.A.C.O.N 公司的代号是A633，接在交流发电机绝缘接头和接地之间。

对“无自感”要说明一下，通常用的电容器是由二块铝片作为电容极板并用二层以上的纸将其隔开，这就是说一个电容器至少有六层（4层纸和2层铝片），同样也可采用在表面上由阴极蒸发而覆盖有金属膜的纸。所有的这些都卷在一个轴上而产生一定的自感。这种电容器即可称之为电感或自感的电容器，并在本身结构上作了重大的改进。

为使卷成圈的导电体不会有自感，将成圈的铝极板在一端或另一端做得比纸要长一点，即都超出纸的端面，这样每圈的电容器极板上的侧边都与外边有电接触，而不再是一个圈上的电接触，就形成了一个圆筒嵌套罩在另一个圆筒上的样子。在喷涂的金属纸上也可在每层的侧边喷涂一层金属。

再回到防干扰问题上，布置中有点火线圈(图94)，在接电源的那个接头上加上代号为A634的一个 60μF+10.000 pF 的双电容器。所讲的微法拉（μF）是百万分之一法拉（10^{-6}），皮法拉(pF)为百万分之一的百万分之一法拉(10^{-12})。

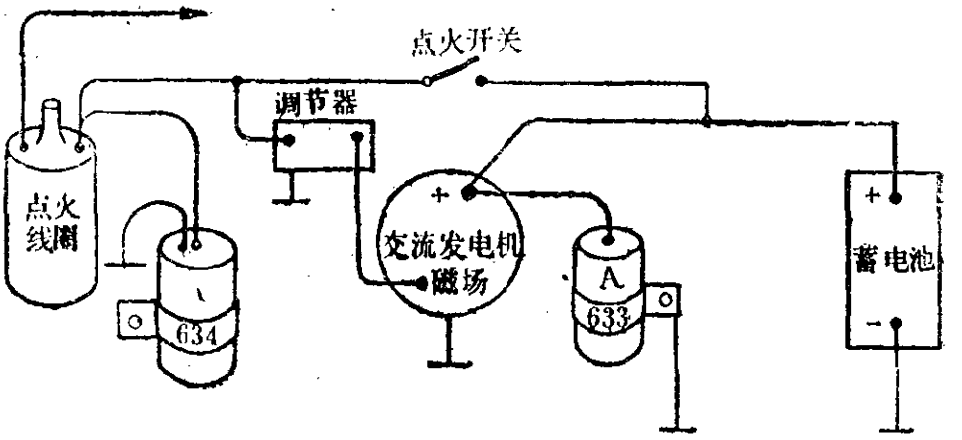


图94 交流发电机和点火线圈的防干扰措施(F. A. C. O. N.)

采用双电容器是在所考虑的很宽的频带，即从长波一直到短波的频带上都能起防干扰作用，其中 60μF 的电容器是用来消除长波和中波上的干扰，而 10.000pF 的电容器对短波和超短波特别有效。

要说明的是，60μF 是一个电解电容器，也就是内部有可被电容器极板所极化的电解质，这种结构有很大的优点，在一个确定的容量下其体积要比传统的电容器小。一个 60μF 电容器用纸作绝缘层，这样就不是电解电容，因而尺寸和成本都增加很多。相反 10.000pF 电容器用纸作绝缘层就可能太强了。但是电解电容会使 2 块电容器的极板分成不同的极性，同时双电容器要有二根不同颜色的线，红色线是正极，黑色线是接地，在法国接地的极性是负极。

——假如涉及到一些调频接收机（这一类的装置或灵敏度更高的装置），上面讲的措施就不够了。尽管有了电容器，驻留电流还是会干扰接收机，这时在接收机的供电线路中装上空气自感线圈 A625，它是串联在蓄电池-接收机线路中，在接地与自感线圈之间旁路接上一个电容器，靠蓄电池那一端的电容器容量为1.000μF（代号 A877），靠接收机端再加

一个电容器，其容量用试验来确定(从0.5～1.000μF)，按照图95那样安装。这里假设2个容电器都是 A877 型。这种电容器的一端用壳体的卡箍固定，另一端是固定在一根表示接正极的红色电线(电解电容器)上，图95所表示的是正极绝缘的。当正极接地时就要反接，把电线接地。

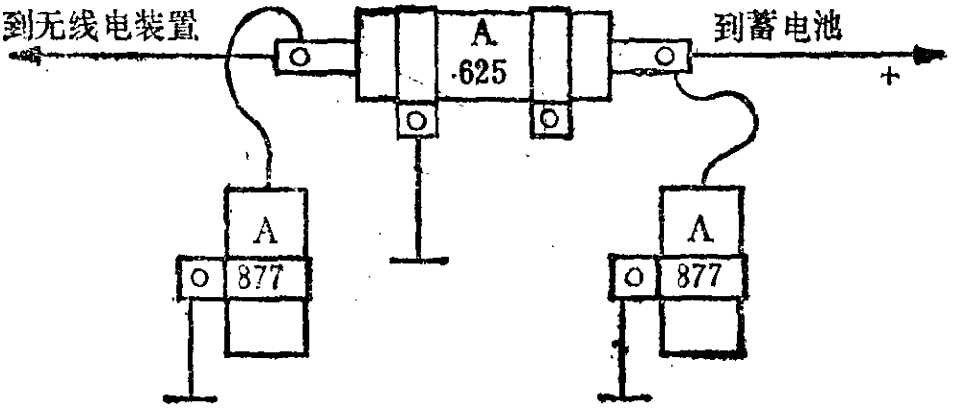


图95　调频接收上用的附加防干扰装置

BÉRU 电容器公司——这是一个进口公司，可以对防干扰措施方面提供咨询，它提出一些在实际使用操作过程中很有价值的原理：不要使磁场旋转的交流发电机在没有接上蓄电池情况下工作。不要将电容器接到"磁场"接头上。注意固定小型电容器的螺钉和本身的或电焊上去的支架，因为固定支架折断常使交流发电机断路。很好的检查接地，某些装有防震垫圈的交流发电机需要加有辅助接地，不要忘记对交流发电机采取防干扰措施时对调节器也要同样采取防干扰措施。

图96作为是 Béru FK 216/10 电容器安装方法的一个范例。图97是FK 213/8E 250μF 电容器，而一般讲2.2～3μF就足够了。图98表示一个组合件 SK1664 加在调节器和交流发电机之间。

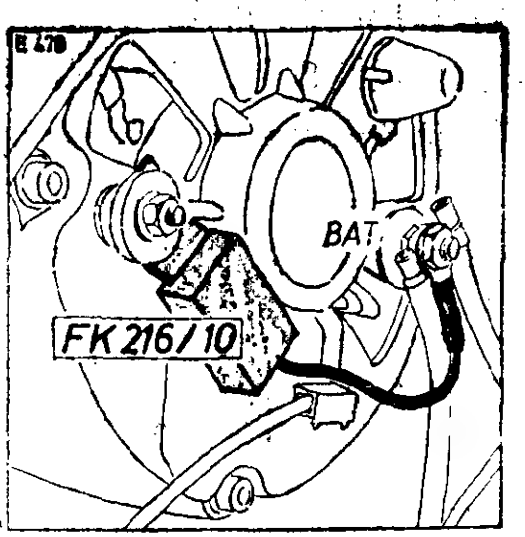


图96　Béru防干扰电容器的安装

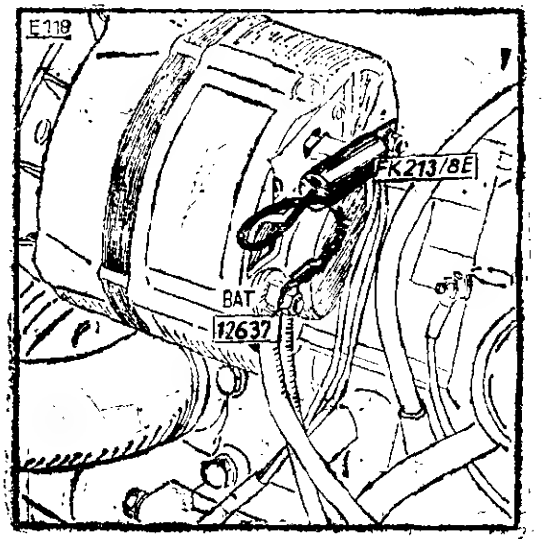


图97　Béru防干扰电容器的安装

船上防干扰的特殊情况

船上的无线电目前也是很普通的，因为它可使航船更为安全舒适，但有多个发电机和用电装置联合工作使得防干扰的工作更加困难。

交流发电机和其调节器上不管制造厂装上的或自己加上的电容器都可以使用，特别是要用屏蔽的电线，但常有必要

采取特殊的防干扰措施。

一个例子是C. A. V公司将2个AC5交流发电机耦合起来工作，在每个交流发电机上用下列部分组成一个446调节器：

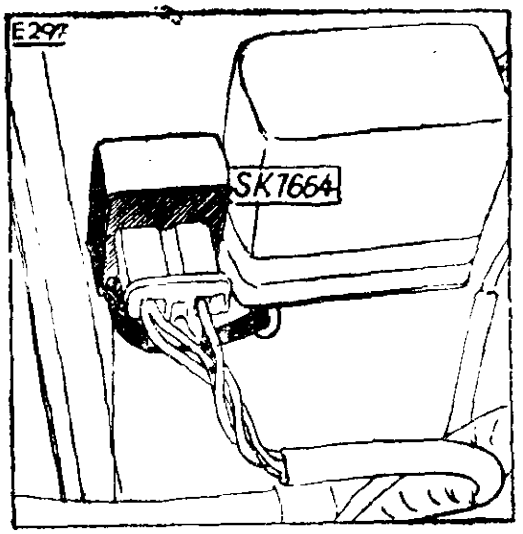


图98 Béru的防干扰滤波器

——用金属盒将440电子调节器包起来，起屏蔽作用，并加有滤波器(用来防止瞬变时产生的干扰)。

——一根一定长度金属丝编织的屏蔽套，用来屏蔽交流发电机和调节器之间的联结线。

——一个在交流发电机电线联结板上的防干扰组件（自感和电容器)。

第三部分

交流发电机和商用调节器

十、波许(BOSCH)LJ型交流发电机及其检查

交流发电机

图99是波许LJ型交流发电机的外观图。它的最大电压为14 V，最大电流为35 A。当转速为 2000 r/min时，电流可达到最大电流的三分之二。这种发电机可以正反两个方向运转。

定子包含了相绕组组成的星形绕组，这 3 相绕组的U、V、W端与一个由 6 个二极管组成的整流桥相连，这 6 个二极管中有 3 个接地，另 3 个则与接线柱 B＋相连(见图 100)。整流桥配备有 3 个正激磁二极管。二极管每 3 个一组安装在靠近通风装置的冷却器上。激磁二极管一端与定子绕组相连，另一端与接线柱 D＋/61相连。

转子为 12 个极的爪式转子。感应线圈G呈环形，通过两个接触环(图未示出)接收电流。两么电刷中有一个接地，另一个与接线柱 DF 相连。由于调节器安装在交流发电机外部，故交流发电机的接线柱DF与调节器的同名接线柱相连，另一根导线是连接交流发电机的接线柱 D－与调节器的接线柱 D－，并在交流发电机上接地。

上述接线情况如图 100 所示，图中使用的符号不同于一般表示法，但很容易看懂。其中定子绕组是用黑色矩形表示的。

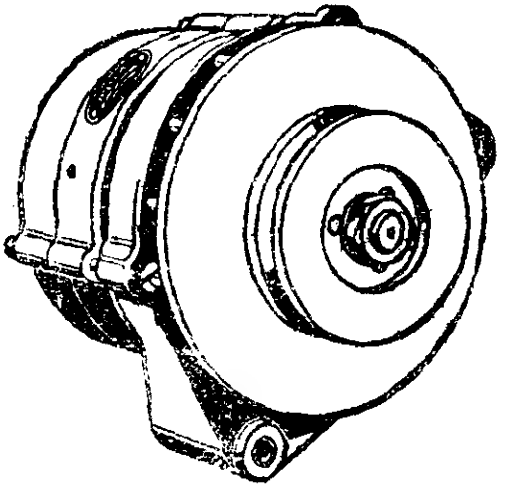


图99　波许交流发电机

在图中仍保留有电容器 C_1，它用虚线表示，位于接线柱 B＋与 D－之间。

调节器

这是仅有一个元件的振动式调节器。电路图见图100，所使用的符号也是特殊的，不过可从图中看到由发电机电压供电的线圈 E（电路中电器元件用虚线表示）、衔铁 P 和它的两对触头（其中一对可使电阻 R_1 短路，另一对可使发电机磁场线圈通过接地短路）。因此它是一种双级调节器。当电压很小时，磁场线圈通过其上触头和接线柱 D＋/61被供电，当电压达到标定值以上时，磁场线圈不被供电，因为它此时被触头接地，衔铁的振动能得到合适的平均电压。

指示灯

如图 100 所示，指示灯可让从蓄电池供出的电流经过指示灯，并通过调节器的上触头，经接线柱 D＋/61和DF进入磁场线圈。此时指示灯发亮，但是，一旦当交流发电机所产生

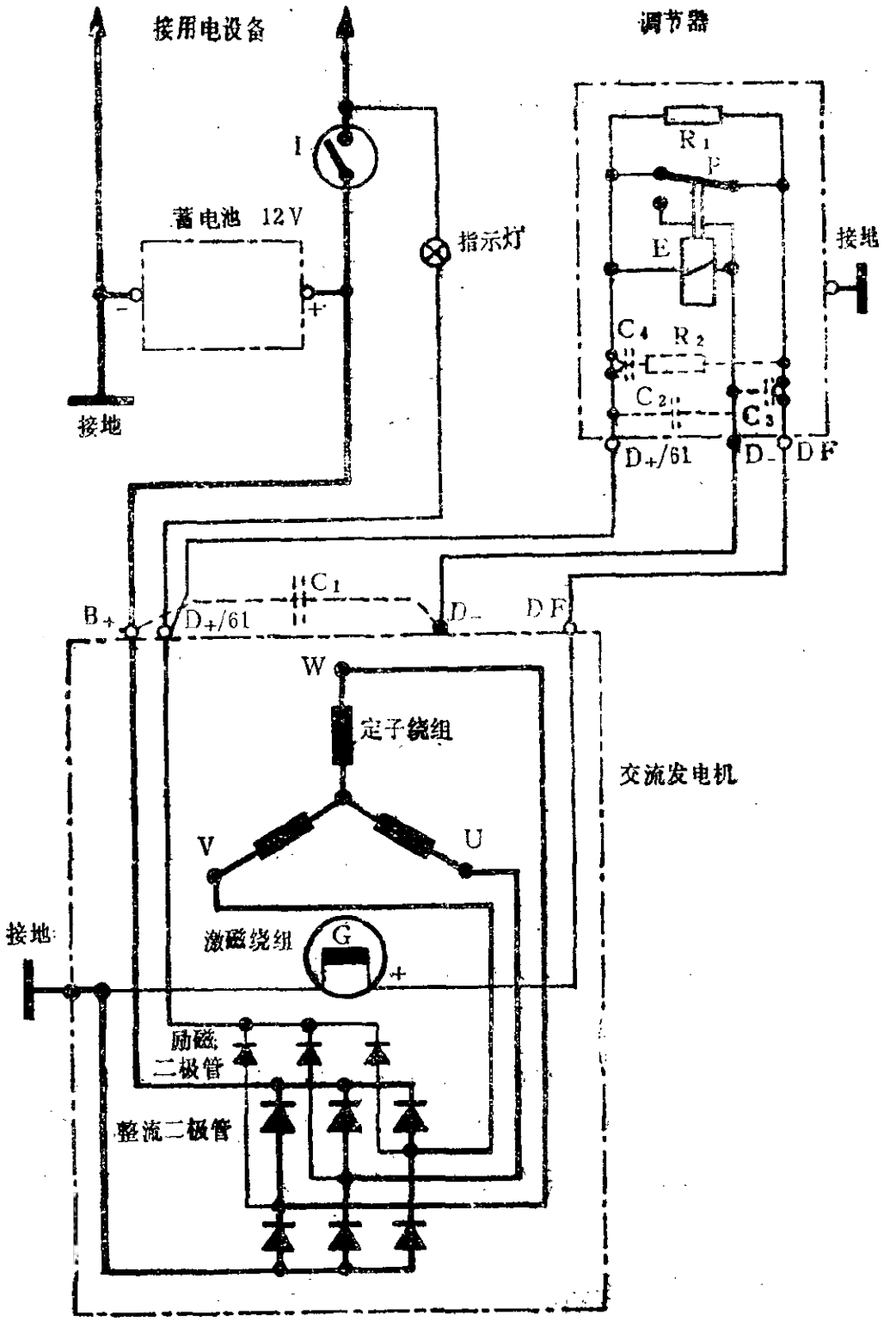

接用电设备
调节器
I
蓄电池 12V
指示灯
R1
P
E
接地
C4
R2
C2
C3
D+/61
D-
DF
接地
C1
B+
D+/61
D-
DF
W
定子绕组
交流发电机
V
U
接地
激磁绕组
G
+
励磁
二极管
整流二极管

图100 电路图

的电动势与蓄电池的电动势相平衡时，它就立刻熄灭。这是一种表示交流发电机运转情况的指示灯，同时也可用来帮助交流发电机发电。当开关I闭合，交流发电机停车时，该指示灯还可限制经D＋和DF进入磁场线圈的蓄电池电流。

防　干　扰

需将交流发电机和调节器的防干扰措施区别开来。

对交流发电机来说，预先准备有一个确定好的特性参数的电容器C_1，发电机外壳上有一个已加工好的螺纹孔，以便固定该电容。电容C_1接在B＋与D－之间。

对调节器来说，有两种类型，如图100中的虚线所示，它们所使用的电器元件与接线情况各不相同。防干扰是由电容器C_2、C_3和C_4来实现的，C_4串联在电阻R_2上。产品正常类型可参看AD1-14V，防干扰类型可参看ADN1-14-V。

主要注意事项

在安装或检查半导体元件的过程中，必须严加小心，因为每一个错误都会导致严重后果，并常常损坏半导体元件。因此，必须注意以下各点：

（1）在检查整流二极管时，只能使用最大电压为24V的直流电；

（2）检查绝缘或短路，如果在试验时，可能和整流器接触，禁止使用110V或120V的霓虹灯(氖管)；

（3）用80V的电压检查定子绝缘，只能在整流二极管拆焊后进行；

（4）当车辆安装有蓄电池总开关时，则此开关只能在发动机停车时打开；

（5）在测量充电电流时，不能在发动机运转时拆下蓄电池的接线柱；

（6）鉴于半导体元件害怕高温，所以，如果需要拆焊或焊接二极管的连线时，必须用扁嘴钳将连线夹住，这样可以使二极管避免高温影响；

（7）当在车辆或试验台上对发电机进行检查时，必须断开蓄电池；

（8）测量交流发电机构件的电阻，只能用最高电压为8V的测试仪表进行。

在 EFLJ25 试验台上的检查

装在试验台上的交流发电机只能借助通风机的皮带轮驱动（见图101）。所有的连线、接线柱或插销都需保持接触良好，并不许在蓄电池上临时接线。

试验时，应始终将一个12V的蓄电池和交流发电机相并联（某些检查除外）。该蓄电池所起的作用就象是一个电压缓冲器，使发电机电压峰值受到限制。当峰值超过最大允许值时，二极管就会丧失整流能力。对硅二极管来说，锁闭电压峰值约达 50V。

下面列举几项可以在试验台上进行的检查：

（1）起动——可以对长期停用后不能发电的交流发电机进行检查。检查时需在接线柱 B＋和61之间接上一个电压为12V、功率至少为2W的控制灯。当供电装置的电压可以经过励磁二极管时，即电压达到 1～2V 时，励磁马上开始。此后电压可能迅速增大。

（2）调节器——检查时需十分小心，以避免损坏调节器。励磁电流表需接在接线柱 DF上。

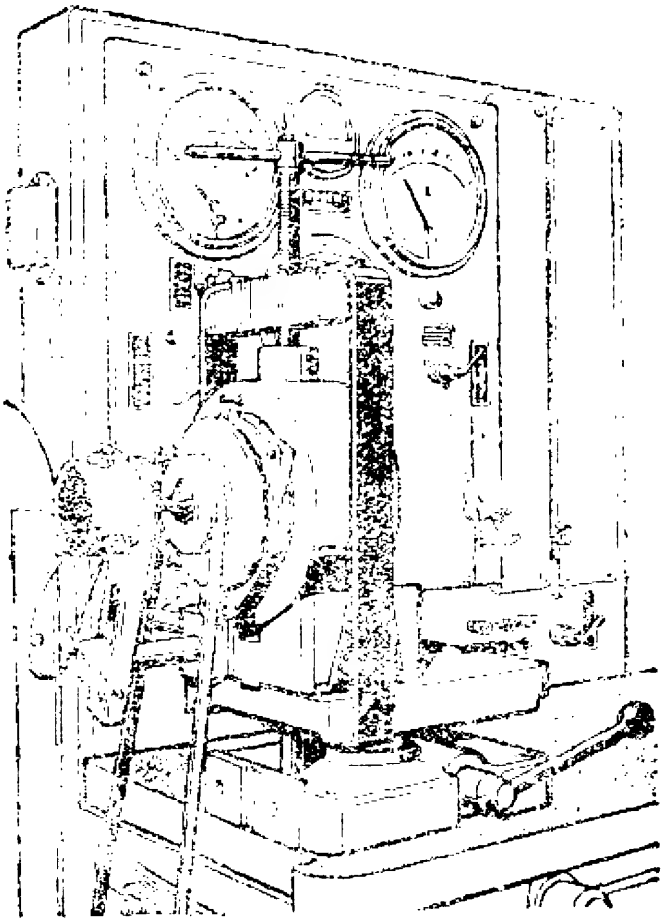


图 [illegible]

电压表应与接线柱 B＋相连。为了使交流发电机励磁，必须使转速增大，直至电压达到 14V 为止。然后再降低转速。

（3）额定转速——先将电压表接在B＋上，并在无负荷和无蓄电池的情况下使交流发电机转动。然后调整转速，使电压正好达到 12V。额定转速为 800～900r/min。

（4）检查电流是否达到最大电流的三分之二——先接通蓄电池，使交流发电机充电，将转速调到 2000 r/min。这时交流发电机能供出三分之二的最大电流，即 24A。

（5）检查负荷时的转速——先接通蓄电池，使交流发电

机充电，并让它发热。增大转速，当转速达到2700～3700 r/min时，所得到的功率应为最大值，即35A，14V。

（6）不带调节器时的检查（仅在特殊情况下进行）——需在磁场之前的接线柱DF上接上一个可调电阻，以便能降低激磁电流，使发电机发出电压不超过14V。电阻的调整需连续进行。电阻应为100Ω左右，可以通过的电流应为3A。

（7）检查整流器——检查时仅使用一个可用到24V的控制灯或者一个电阻表。

在有电流通过方向或锁闭时检查整流器，必须使相位线断开，否则会因为相互连接而不能准确地测定不良二极管的位置。

当二极管外壳为正极，电流能从连线端进入外壳（见图102）。二极管外壳为负，电流从外壳进入连线（见图102）。可以通过控制灯来观察电流是否通过。

如出现下述情况，就表明二极管已损坏：——因电流过大或过热而被击穿；

——电流可以自由地从正反两个方向通过，并几乎总是引起过电压。

如果是用电阻表进行检查，那么正常方向测得的电阻应为几个欧姆，锁闭时应为几千欧姆。

（8）检查定子绕组——可用两种方法检查接地短路：

一是在将整流器拆焊后，用传统的控制灯检查；

二是在允许整流器仍安装在交流发电机上的情况下，观察电流的锁闭方向。检查时应将正极接在定子的绕组上，负极接在交流发电机的外壳上。电压不能超过24V，即不能超过控制电压。

（9）检查激磁绕组——可用一个指示灯来寻找接地短

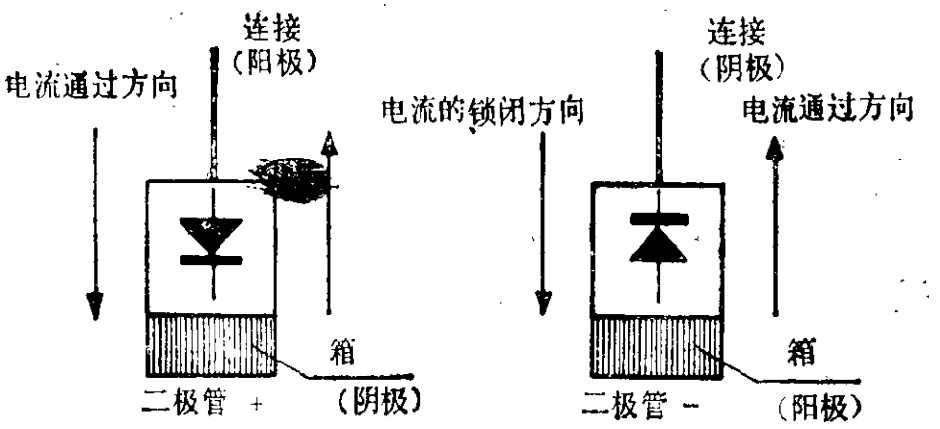


图102　二极管的检查

路。寻找线圈之间的短路，可用一个欧姆表测量滑环之间的绕组的电阻。测得的电阻应为 3.5Ω（±0.35Ω）。

十一、波许交流发电机的制造工艺

一 般 原 理

这种三相交流发电机包括：

安装有9个整流二极管的定子(电枢)。9个二极管中有6个是允许充电电流通过的功率二极管，另3个为激磁二极管。

转子(激磁线圈)。其激磁是由一个或几个有电流通过的绕组产生的，该电流通过滑环和电刷传到绕组上。

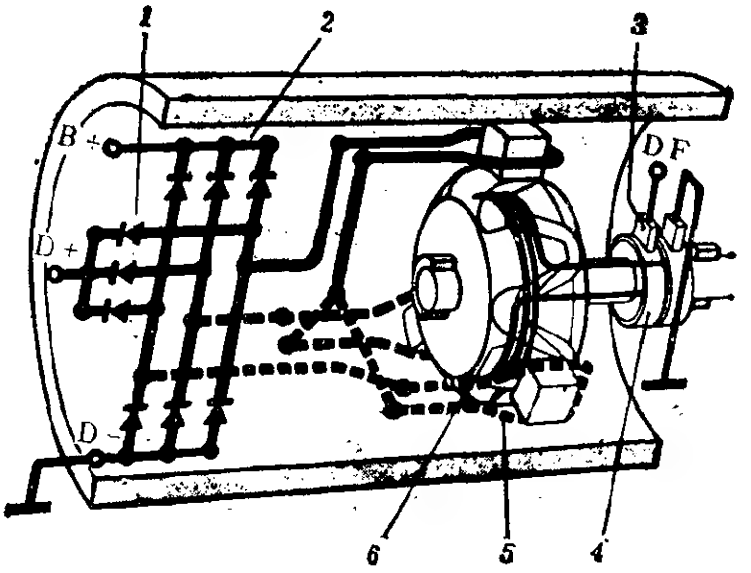


图103 带有滑环和电刷的交流发电机的线路图

(此图是根据转子的结构绘制的)

1. 激磁二极管；2.功率二极管；3.电刷；4.滑环；5.定子绕组；6.激磁绕组

K1爪式转子

图104是发电机的剖面图。其激磁线圈由两个电刷供电，电刷通过弹簧和随转子转动的滑环相接触。6个功率二极管和3个激磁电流整流二极管安装在滑环端的端盖轴肩冷却板上与接线柱相连。其线路图见图103。

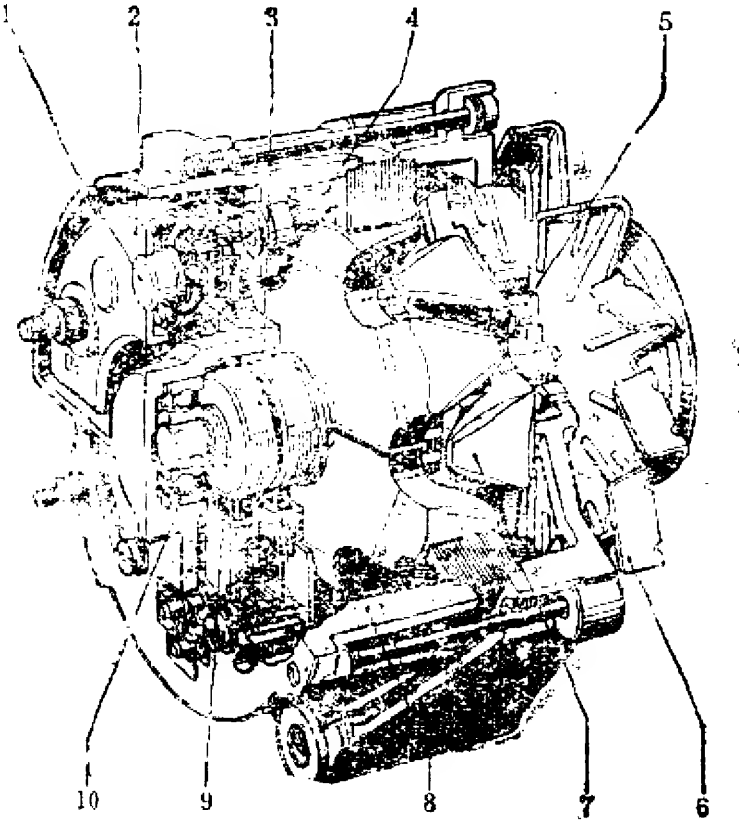


图104　K1爪式转子交流发电机剖面图(波许图)

1.二极管。2.冷却板；3.滑环；4.定子绕组；5.驱动侧端盖；6.风扇；7.爪式转子；8.极性壳体；9.电刷；10.接滑环侧端盖

T1爪式转子

这种交流发电机用在要求较大功率的装置上，比如公共汽车上。滑环安装在封闭的盒内，防止灰尘进入，从而增加

了电刷的使用寿命。为了润滑轴承，安装有润滑管道和油脂杯润滑器。冷却是由一个吸气管实现的。此外，还安装有一个电容器，用它来防干扰，保护二极管不受电压峰值的损害。其剖面图见图105。

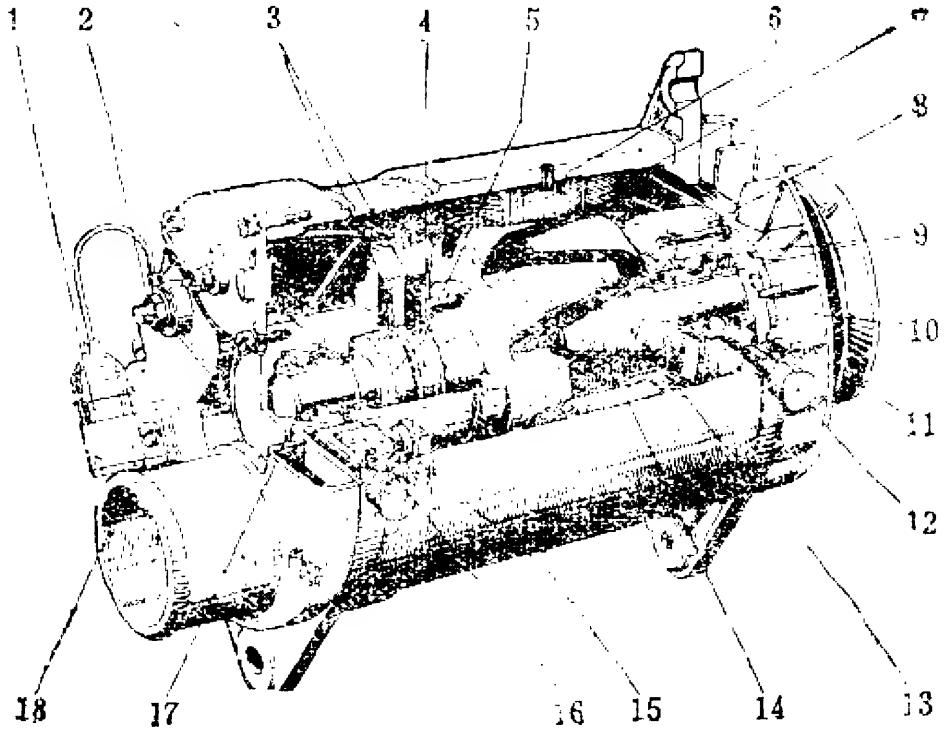


图105　T1爪式转子交流发电机剖面图(波许图)

1.保护和防干扰电容器；2.连接端头；3.电刷；4.滑环；5.滑环封罩；6.定子；7.定子绕组；8.驱动侧端盖；9.轴承密封；10.风扇；11.润滑槽；12.润滑器；13.爪式转子；14.激磁绕组；15.二极管；16.冷却板；17.滑环端盖；18.进气管

T2凸极式转子

这种交流发电机适用于要求相当大的功率，电流超过100A的专门装置。如图106所示，它不是由两个圆盘支撑爪极，而是由转子轴支撑4个凸极。每一个凸极都有一个特殊线圈，并有一个插座保证电机内部有关电线与调节器相连。

这种交流发电机还配备有一个防干扰的保护电容器。滑环和电刷都安装在外壳内，和前面讲的T1爪式转子一样。

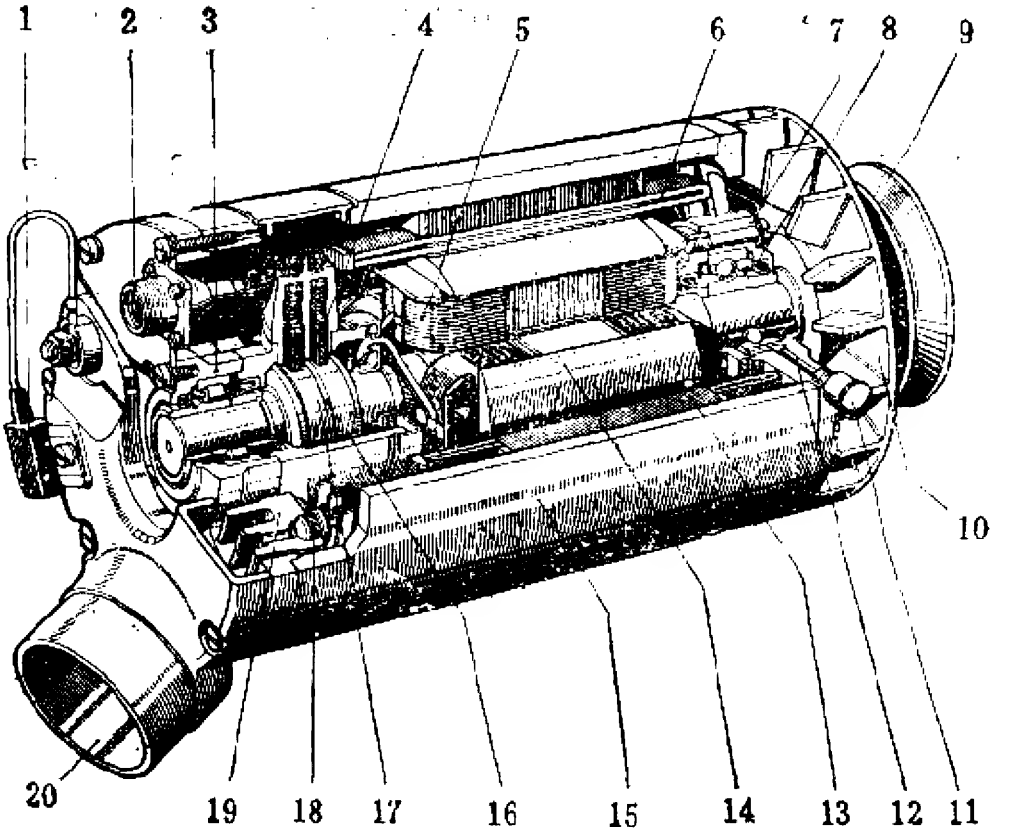


图106 T2凸极式带有四个凸极的交流发电机剖面图(波许图)

1.保护和防干扰电容装单；2.插座；3.滑环端盖；4.电刷；5.激磁绕组；6.定子绕组；7.驱动侧端盖；8.轴承垫；9.皮带轮；10.风扇；11.润滑器；12.润滑槽；13.定子；14.凸极式转子；15.壳体；16.滑环封罩；17.滑环；18.二极管；19.冷却板；20.进气管

U2凸极式转子

如图107所示的这种交流发电机用于需消耗大量电能的重型车辆。它所包含的部件和T2式相同，但比它多6个极和一个通风机。二极管安装在外部的一个用水冷却的专门整流盒内。为了获得最大电流，定子的星形连接可以通过改变接线盒内的接线，变为三角形连接。

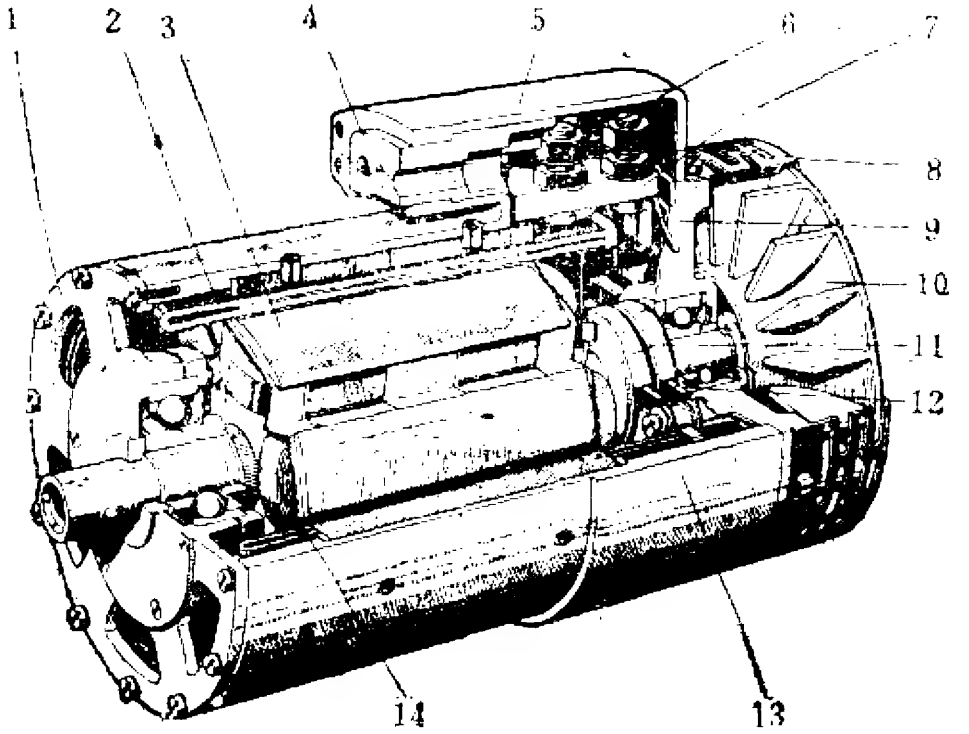


图107　U2凸极式交流发电机剖面图(波许图)

1.驱动端盖;2.定子绕组;3.凸极式转子;4.成型件;5.接线柱盒;6.连接端头;7.接线板;8.罩;9.滑环端盖;10.风扇; 11.滑环; 12.电刷; 13.定子外壳; 14.激磁绕组

带激励器的T4爪式转子

用户可发现这种交流发电机中没有电刷和电刷磨损，从而减少了对电机所占用的维修工作量，这是因为取消了滑环(又无电刷)的缘故。只有轴承需要进行定期维护。图108所示，激磁电流是由一个发电机产生的，该发电机是一种带整流器的交流发电机，其激磁线圈和发电机的固定电枢相连，并通过后者供电。而它自己的电枢支撑在发电机磁场线圈的转子上转动，相互为对方的磁场线圈供电。显然，这样一来就会提高制造成本。晶体管调节器安装在吸气管端的轴肩上，从而取消了电缆连接，避免了接线错误。这种交流发电机的剖面图见图109。

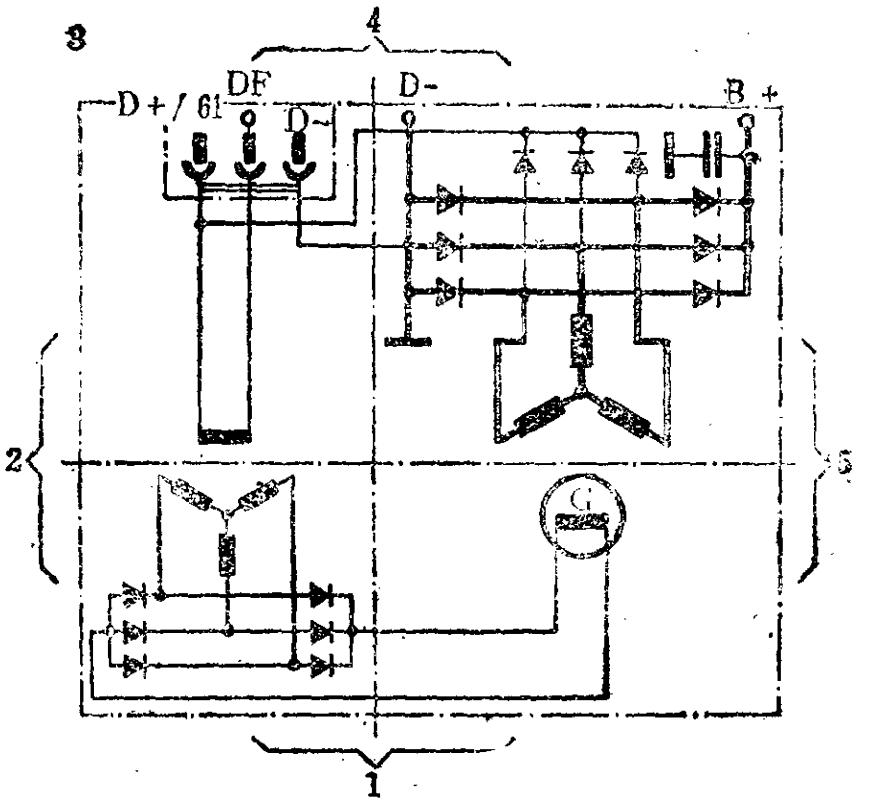


图108　带激磁器T4交流发电机内部线路图

1.转子；2.激磁器；3.带三极管的调节器；4.定子；5.交流发电机

无刷发电机的U3型转子

这种交流发电机用于大功率的设备(火车、轮船)。如图110所示，其激磁绕组和电枢是固定不动的，第二套装置位于外部。因为需要产生磁通量变化，故转动的是磁极部件，这些磁极部件的两端支撑有极性相反的爪子，并通过一个不导磁钢环相连接。整个装置由一个轴套支撑，发电机既无自己的轴承，也无滑环和电刷，它几乎不用维护保养。冷却是通过外部的叶片实现的。在二极管一侧的机壳上固定有一个插座，可以插入连接调节器和用电网。

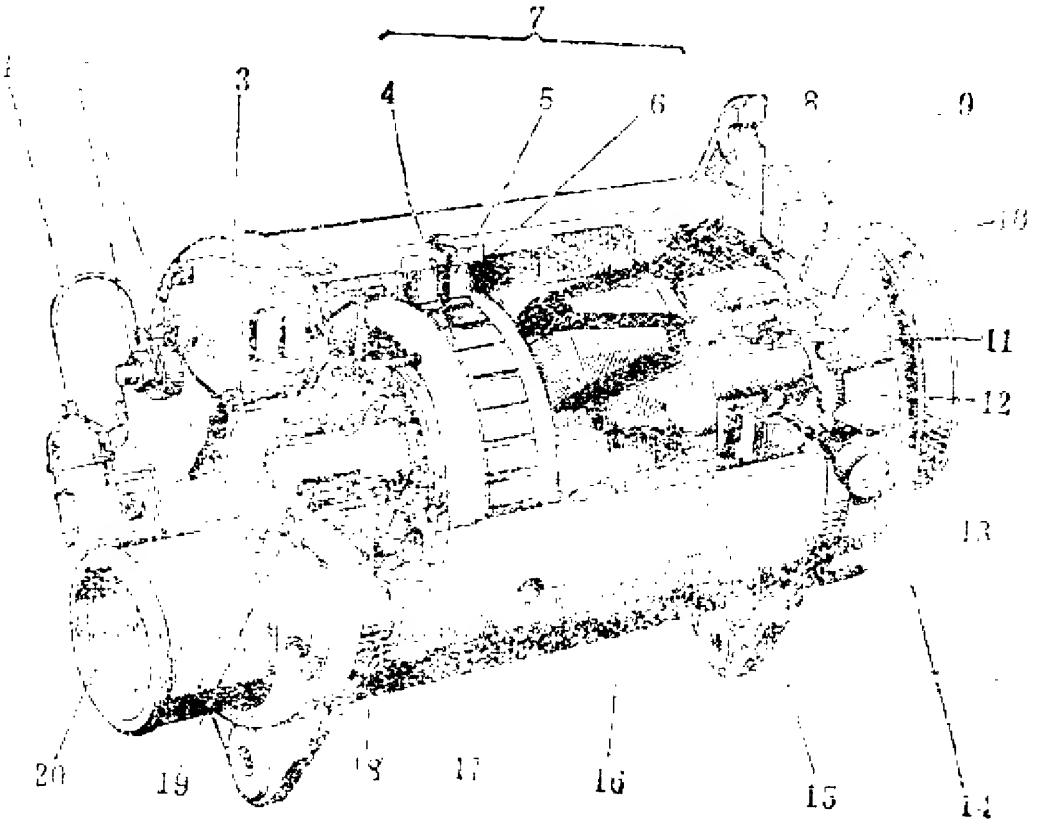


图109　带激磁器T4爪式转子交流发电机剖面图(波许图)

1.保护和防干扰电容器；2.连接端头；3.调节器；4.旋转件；5.极靴（接地极）；6.绕组；7.激磁器；8.定子；9.定子绕组；10.驱动端盖；11.轴承垫；12.风扇；13.润滑槽；14.润滑器；15.爪式转子；16.激磁绕组；17.二极管；18.冷却器；19.端盖；20.进气管

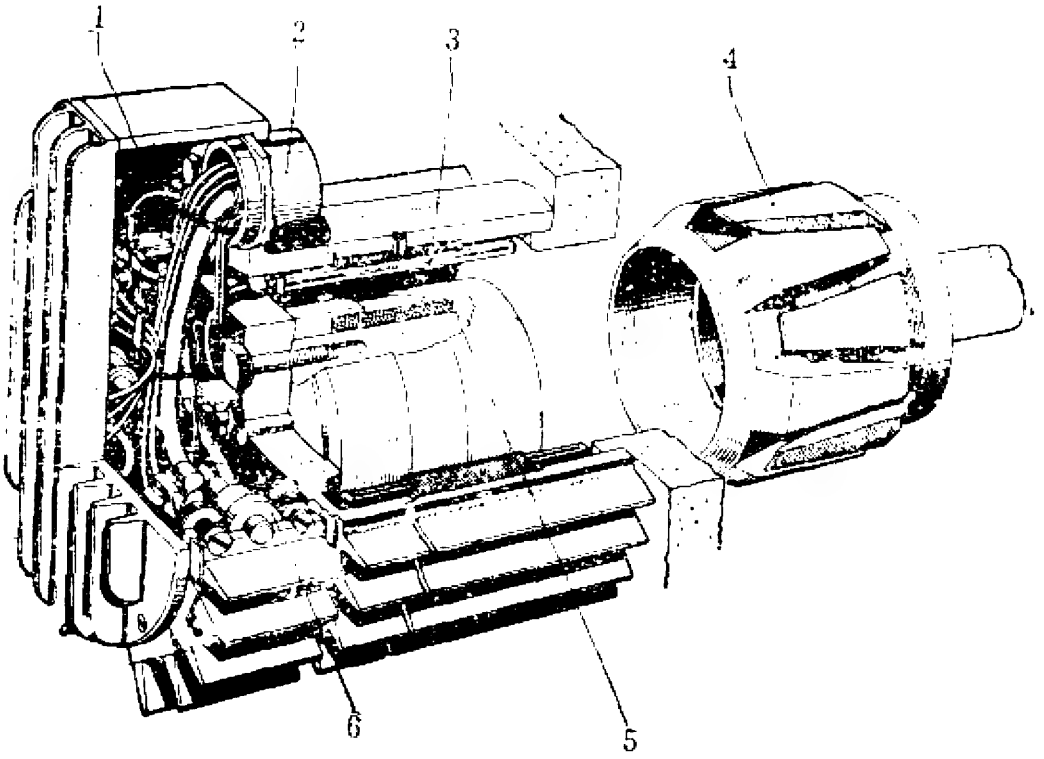


图110　无炭极电机转子U3交流发电机剖面图(波许图)

1.二极管室；2.插座；3.定子绕组；4.无炭极电机转子；5.带激磁绕组的内极；6.二极管

图表概括

上述各类型交流发电机和G1型交流发电机（见图113）可用下表进行概括：

交流发电机型号	外壳直径 mm	转子型号	极数	集电环	整流器	调节器	固定	用途
G1	100～109	爪式	12	有	内装	外接	单挂角	小汽车、卡车拖拉机
K1	130	爪式	12	有	内装	外接	同上	同上
T1	178	爪式	16	有	内装	外装	双挂角 夹持式	公共汽车
T2	178	凸极式	4	有	内装	外装	夹持式	公共汽车 固定发动机
T4	178	爪式，带激励器	16	无	内装	内装	双挂角	公共汽车
U2	203	凸极式	4,6	有	外装	外装	夹持式	重型车辆轮船
U3	270	无炭极电机转子	12	无	内装	外装	紧固在减速器上	火车轮船

冷　却

交流发电机应和其“皮带轮-通风机”一起投入使用，车辆制造者应采取一切必要措施，保护它们不受热传导和幅射的影响。根据通风的不同冷却方式，应分别采用下述通风装置：

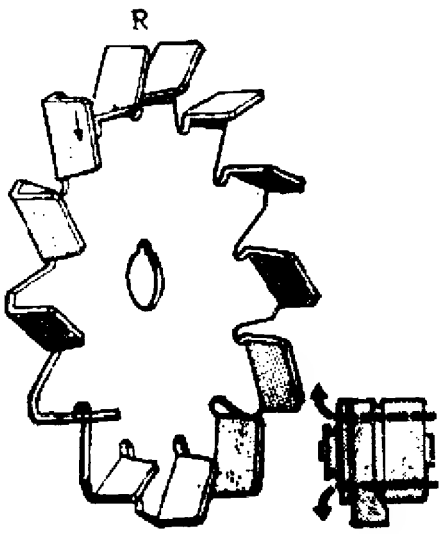


图111　只能一个方向运转的风扇(向右)

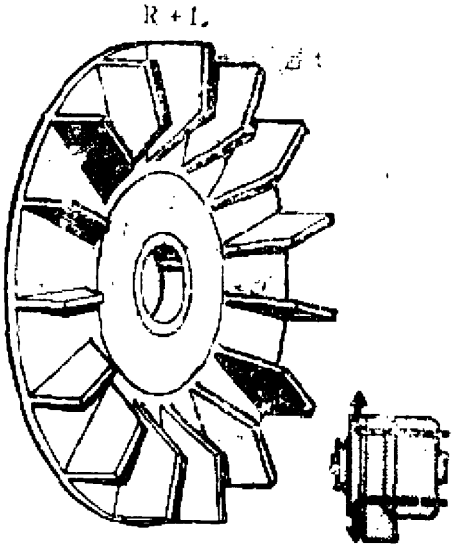


图112　可朝两个方向旋转的风扇

A.当不需要密封防水防尘时，则采取内通风。内通风是采用得最多的冷却方式，它是借助于图111和图112所示的风扇来实现的。图111所示的风扇只朝一个方向运转，图112所示的风扇朝两个方向运转，其工作方式又可根据以下情况分为两种：

由安装在传动一侧的外部的风扇通过交流发电机吸气(见图111与图112)；

借助一个安装在发动机室以外(如驾驶室)的软管，由一根短管(见图106)吸入无尘的新鲜空气。通风机安装在传动侧外部；

由一个安装在滑环端的转子轴上的内部风扇吸气（见图107）。吸入的空气是经过传动端的法兰盘孔和滑环端的外壳孔道进入的。为了使供气情况良好，皮带轮与法兰盘之间的空隙应为 15 mm。

冷却空气的温度不应超过+60～70℃，而且空气中所含的灰尘要尽可能地少。

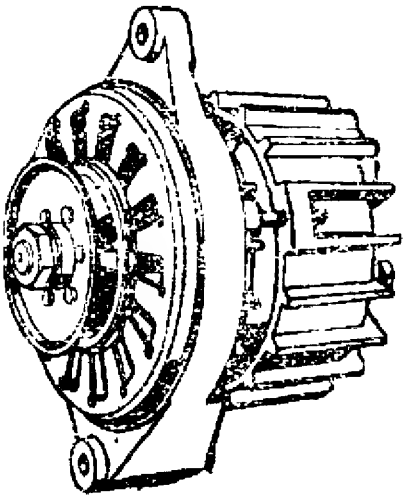


图113　外部通风、密封的，用支撑固定的 G1 爪式转子交流发电机（波许图）

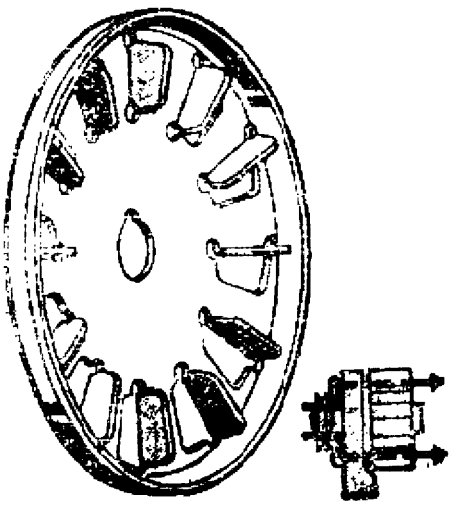


图114　带导风罩的风扇（波许图）

B．如果交流发电机经常在灰尘很多的地方工作（如农用拖拉机），那就需要采用外通风，而且交流发电机是密闭的。在它上面设计有冷却用散热叶片，当车辆移动时叶片间就有空气循环（见图110）。叶片中的空气还可由一个外部风扇（见图113）供给，这种外部风扇的结构设计见图114。

C．二极管的冷却。二极管安装在散热板上，其分布情况有如下两种：

——对小型交流发电机（G1，K1）来说，一般有两块散热板，二极管的分布情况如图115所示：

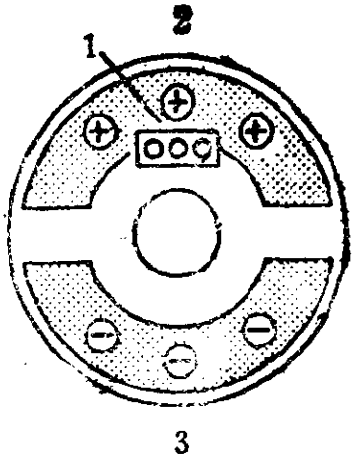


图115 用两块散热板的二极管冷却(波许图)

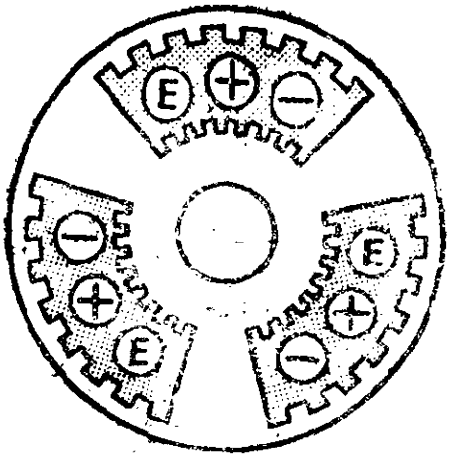


图116 用三块散热板的二极管冷却(波许图)

1.激磁二极管;2.正向功率二极管;
3.负向功率二极管

——对大型交流发电机来说，一般有3块散热板，二极管的分布情况如图116所示，其中符号E表示励磁二极管。

交流发电机的并联

具有相同电压的交流发电机可以不采取补偿措施就毫无困难地并联在一起，因为整流器只允许电流向唯一的方向流动。负荷的不合理分布不会造成任何妨害，因为没有换向器。

十二、波许调节器的技术

波许调节器有两种：一是振动式调节器，一是电子调节器。现分别叙述如下：

振动式调节器

振动式调节器主要与小功率的 G1和 K1交流发电机相匹配。一般将它们分为“单级”调节器和“双级”调节器(参看本书第二部分)。

单级调节器一般适用于电压为28V(标称电压)、功率小和激磁电流小的交流发电机。双级调节器适用于提供7V或14V电压的交流发电机(见图117)。

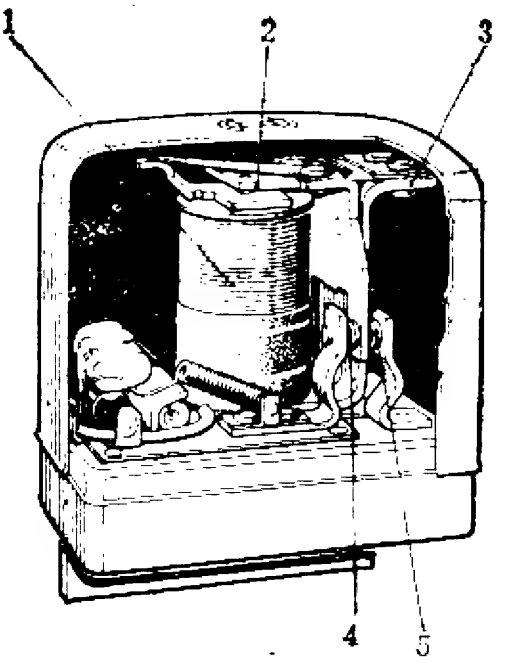


图117　双级调节器剖面图
(波许图)
1.电磁铁；2.电枢；3.固定片；4.低速调节触头；5.高速调节触头

调节电阻随温度而变化。为了保证调节器的准确度，采用了与调节绕组相串联的补偿电阻和弹力随温度变化的双金属片。为了保护环境温高和充电的蓄电池，以及更好地在环境温度低时的蓄电池充电，热补

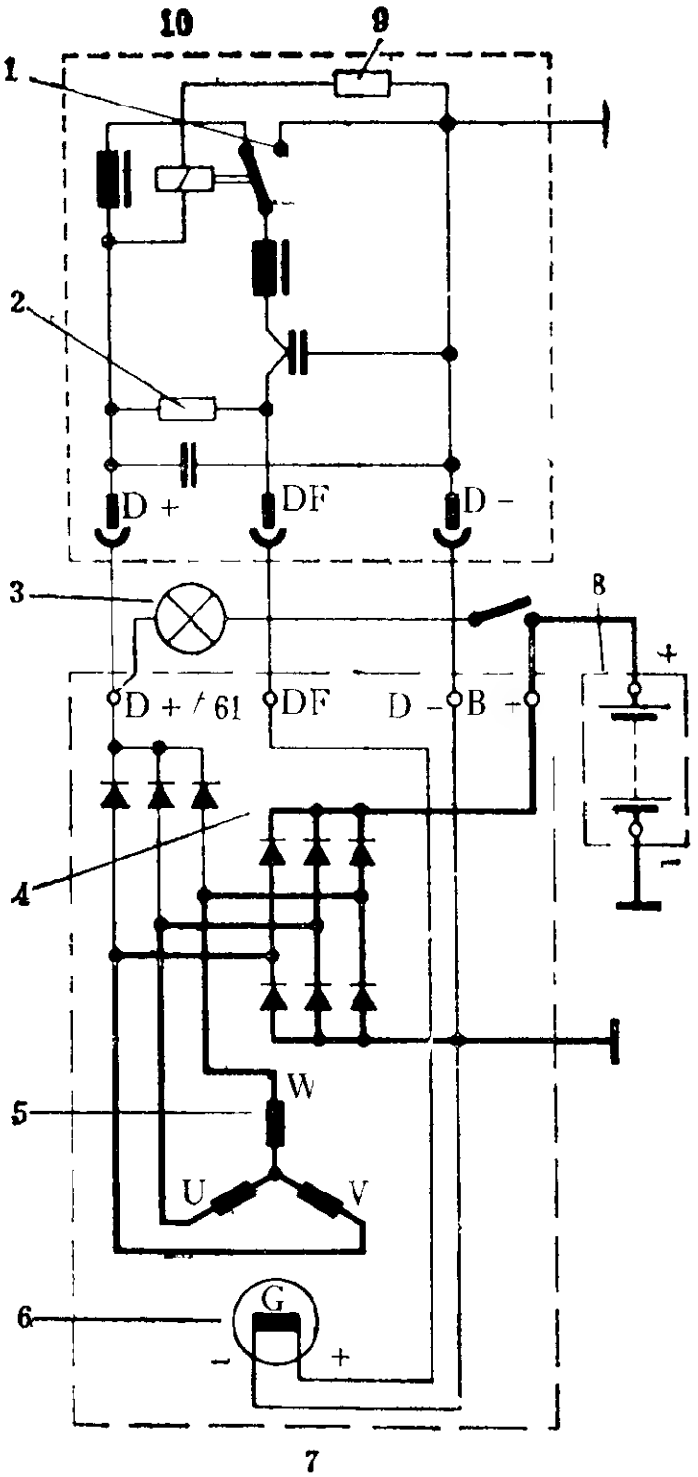


图118　加强防干扰并带ADN1双级调节器的G1交流发电机线路图(波许图)

1 调节触头;2 调节电阻;3.充电指示灯;4 整流器;5 三相绕阻(定子),6 激磁绕阻;7.交流发电机;8.蓄电池;9.补偿电阻;10.调节器

偿元件可以在高温下进行微小的调节（这就避免在热带地区进行专门调节），和在低温下进行更大的调节。电容和防干扰感应元件出现在这种调节器上。感应线圈回路的感应阻尼可以通过一个与该回路并联的二极管实现。

图118是双级调节器的线路图。

电子调节器

图119是匹配有ED电子调节器的T1型交流发电机的线路图。此图是按习惯方式绘制的简图，其中包含有两个晶体管T_1与T_2，T_2的基极与稳压二极管Z相串联，稳压二极管的电压取决于电压分压器R_1-R_2。在低压下，激磁电路经过功率晶体管T_1。当电压升高时，稳压二极管导通，控制晶体管T_2也随之导通，并使功率晶体管T_1短路，故没有任何电流通过磁场线圈的电路，这就使得交流发电机的电压下降。

图120是EE型内装式电子调节器的线路图，它安装在带励磁机的T_4型交流发电机上。从图中可以看到该调节器不对交流发电机的磁场线圈G的电路起作用，而对与定子相连接的励磁机电路起作用。还可看到该线路图中有两个晶体管T_1与T_2，它们的作用要比在ED型调节器中的作用大得多。此外，它们还和另外3个晶体管相连，这3个晶体管又和一组电阻及一个稳压二极管Z相连，稳压二极管不是和一个晶体管的基极相串联，而是分接在励磁机的主接线柱D＋与D－之间。在上述情况下，电压除在稳压二极管Z的两端保持不变外，在与该电压相联的电阻两端及其他元件的两端都会发生变化。电压变化可以导通或切断最上面的那个晶体管，然后该电压被下面的两个晶体管放大，这个放大了的电压再确定晶体管T_2和T_1工作。

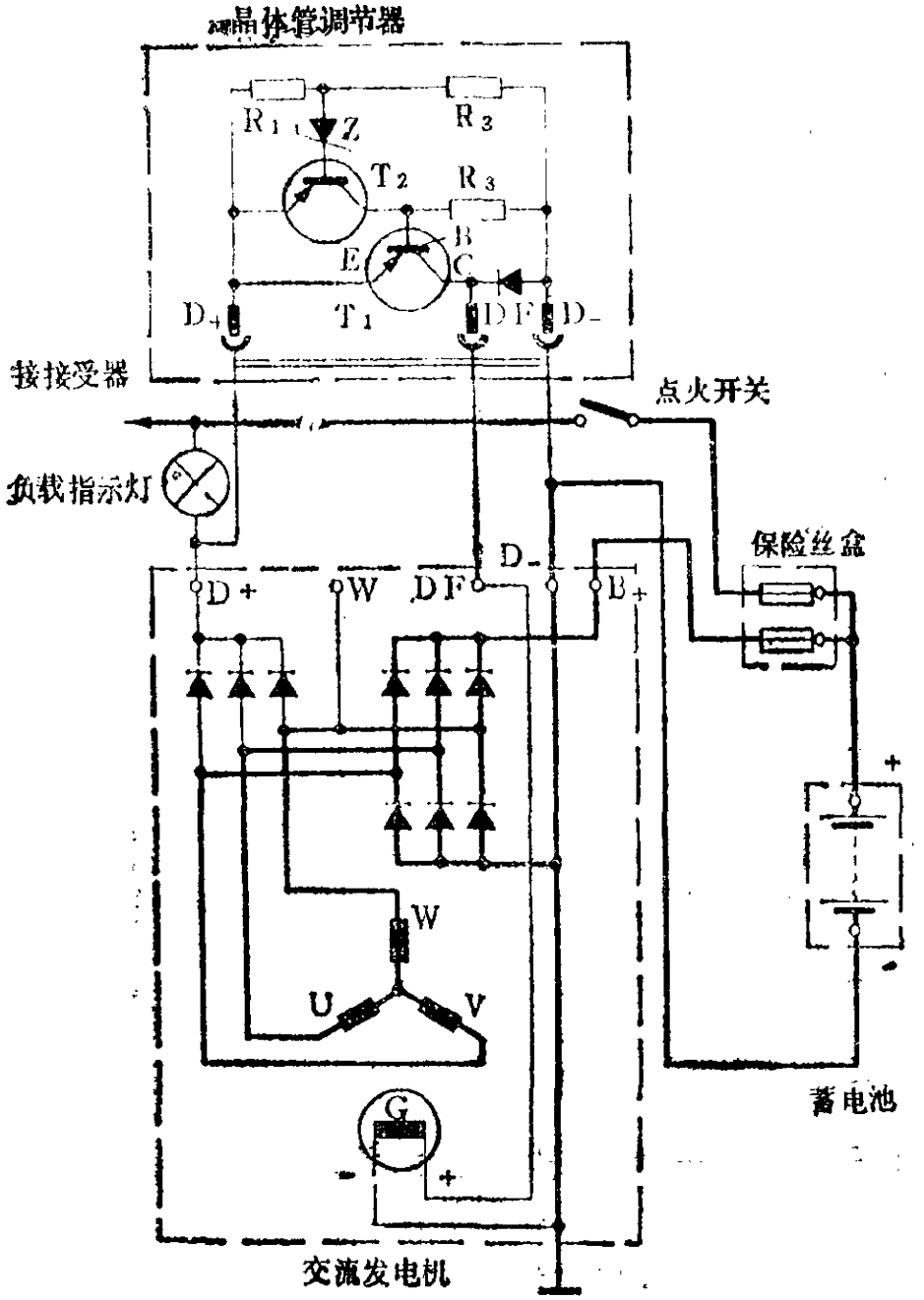


图119　匹配有ED晶体管调节器和T1交流发电机的设备(波许图)

还有另外一型号的电子调节器，比如EC型电子调节器。这种EC型电子调节器中，安装有一个保护稳压二极管和一组触头的装置，这组触头的作用是能切断通过它的磁场线圈电路，以阻止电压达到一个不可接受的值，避免蓄电池过充电。

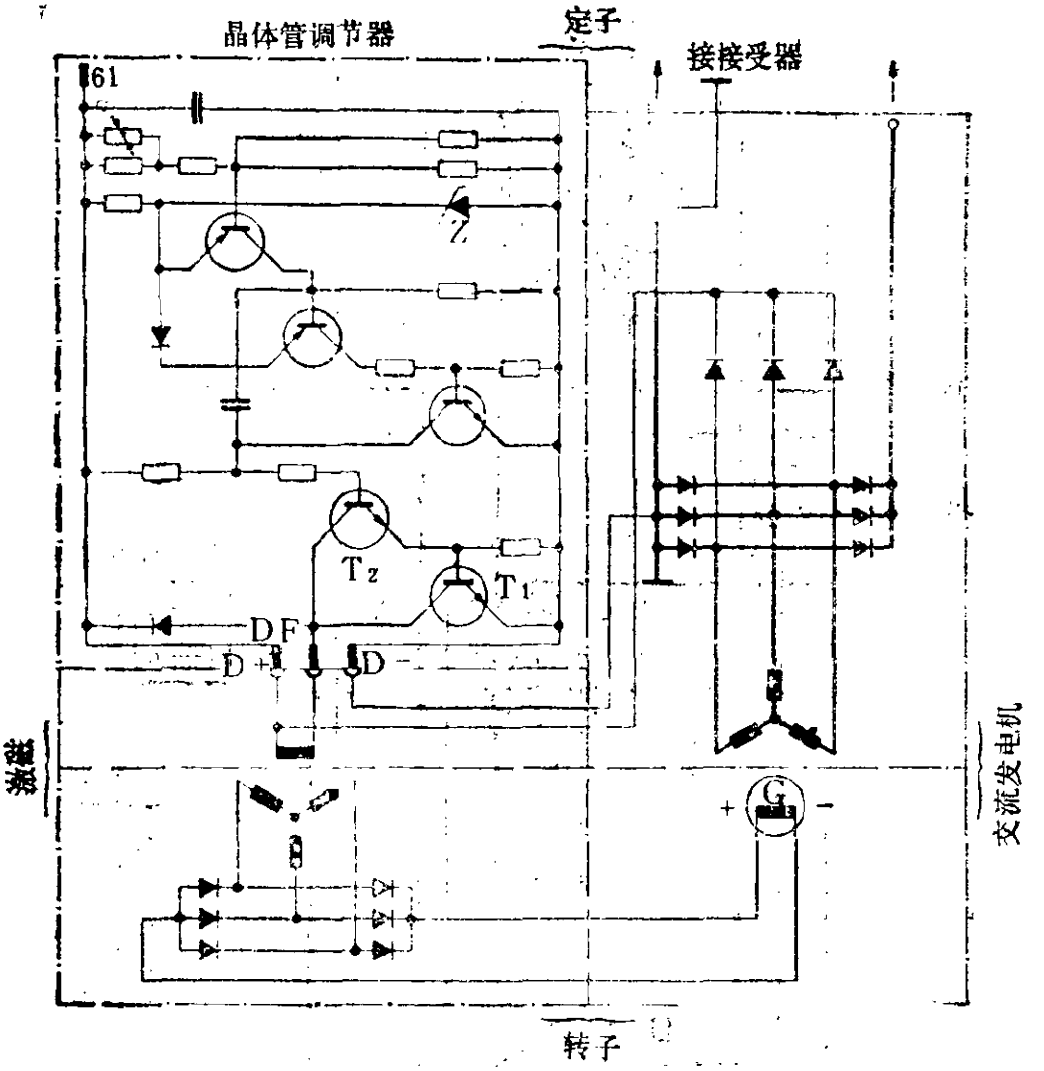


图120　带EE型内装式晶体管调节器的T4交流发电机(波许图)

电子调节器一般都安装有冷却肋。

预防最大电压——该预防工作是由一个如图 121 所示的装置保证。该装置可以保护交流发电机和调节器的半导体元件不受电压峰值和因工作转换而造成的过电压的危害。这个装置的主要元件是一个可控硅晶体管 Th。此外，还有一些冷却板，晶体管 Th就安装在这些冷却板上。该晶体管可暂时接受高电压。这种保护装置适用于电压为 28 V 的设备，和交流发电机的D＋与D－接线柱相连。如果一个过电压超过了

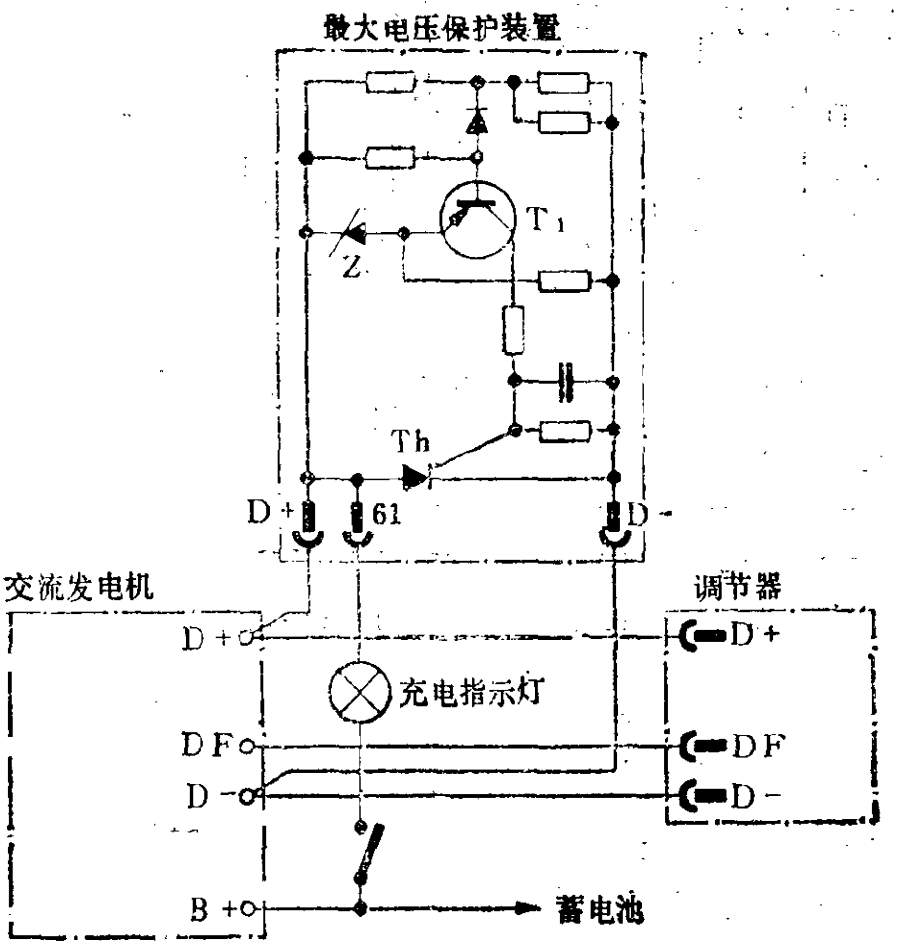


图121　最大电压装置线路图(波许图)

允许电压(31V左右)，晶体管Th就会被稳压二极管Z和晶体管T_1所起动。这时交流发电机就会短路数毫秒时间，不再被励磁。同时指示灯发亮，提醒注意。该晶体管只能在没有电压(即发动机停止工作、触头断开)时才被切断。

自动恢复

需要停止发动机来重新起动晶体管工作的这种缺陷，已为图122所示的波许装置所解决。该装置包括一个电子调节器(线路图见图122左)和一个预防过电压的保护装置(线路图见图122右)。

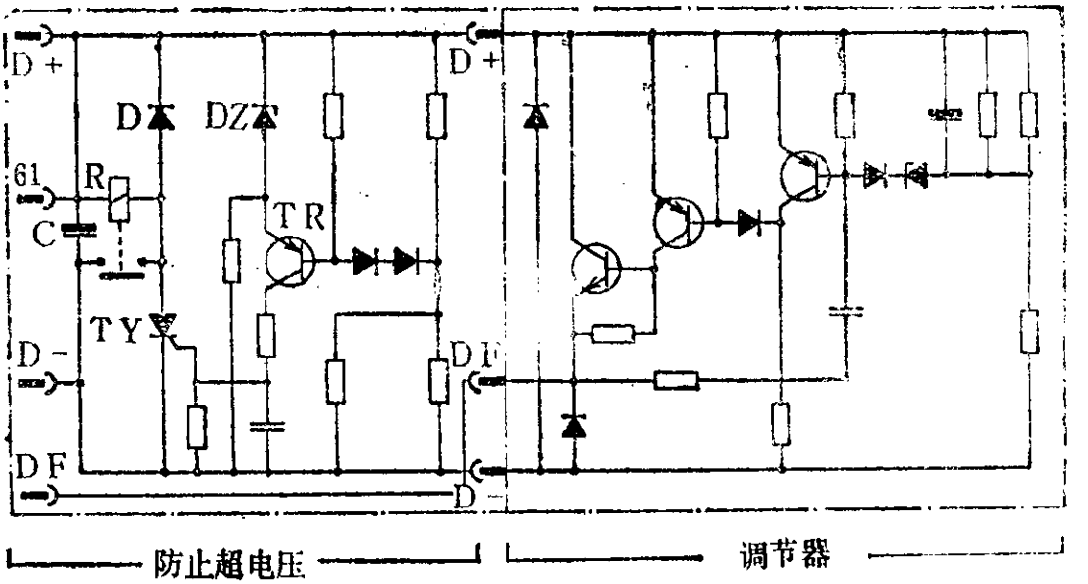


图122　内装式调节器，防止超电压的波许保护装置

上述保护装置与图 121 中的保护装置相似，只是多了一个继电器 R，该继电器在晶体管 TY的控制极接收电流时 可被 TY所控制。这是当电压大得足以使稳压二极管DZ开启和晶体管 TR导通时发生的情况。

由于可控硅晶体管控制极的激励而能够通过晶体管主极的电流，使得继电器开始工作。这时继电器的轭铁被吸引，触头闭合，从而产生了双重作用：一是通过继电器为峰值电流接通短路，二是因为可控硅TY 短路，则不再导通。可将激磁减弱的交流发电机的电压下降，取消继电器的激磁。然后重新开始上述过程。

十三、A. C.724-6型24V C. A.V 交流发电机

概　述

鉴于这种交流发电机所具有的规格、电压及其功率，适宜于做城市公务车辆或者需消耗大量电流的特种车辆上的发电机，如广播车、警车、救护车等，这些车辆一般都具有减速慢行和易于停车的特点。

图123和图124是AC724-6型交流发电机的外观图，其直径为 18cm。为了将这种交流发电机和等值直流发电机作一比较，图125列出了从交流发电机上拆下来的磁场（电枢）（图左）和从直流发电机上拆下来的磁场绕组（图右）。交流发电机的转动部件是磁场绕组；而直流发电机的转动部件是承担输出

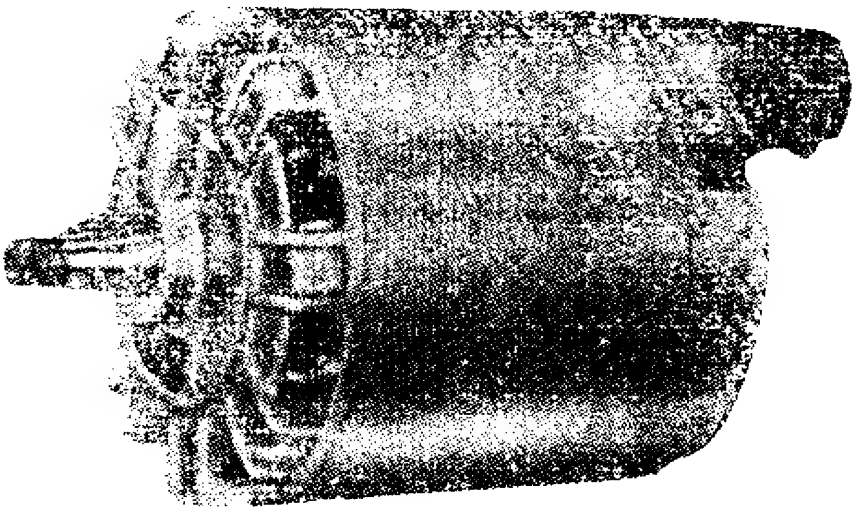


图123　从传动一侧观察的 C. A. V 交流发电机外观图

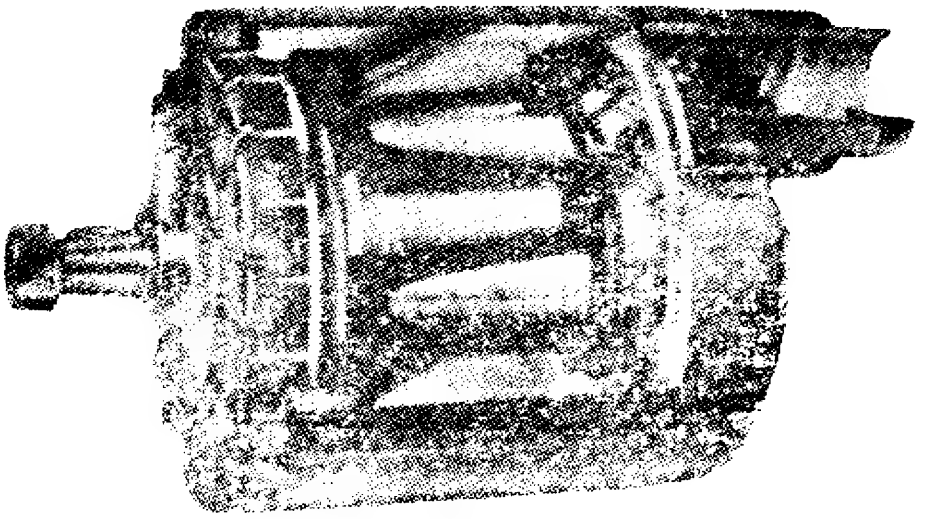


图124　定子剖面的C. A. V.交流发电机外观图

电流的电枢。只要比较一下整流子的体积，就会明白：由于交流发电机的电流输出是定子，位于外部，而直流发电机的电流输出是电枢，位于内部，前者的冷却要比后者好得多。交流发电机不受整流换向和电枢(原文系焊接连接译注)发热的影响，因而交流发电机的冷却问题要简单得多。它可以在温度达到80℃时的情况下正常运转。交流发电机重17kg，而直流发电机重38kg。

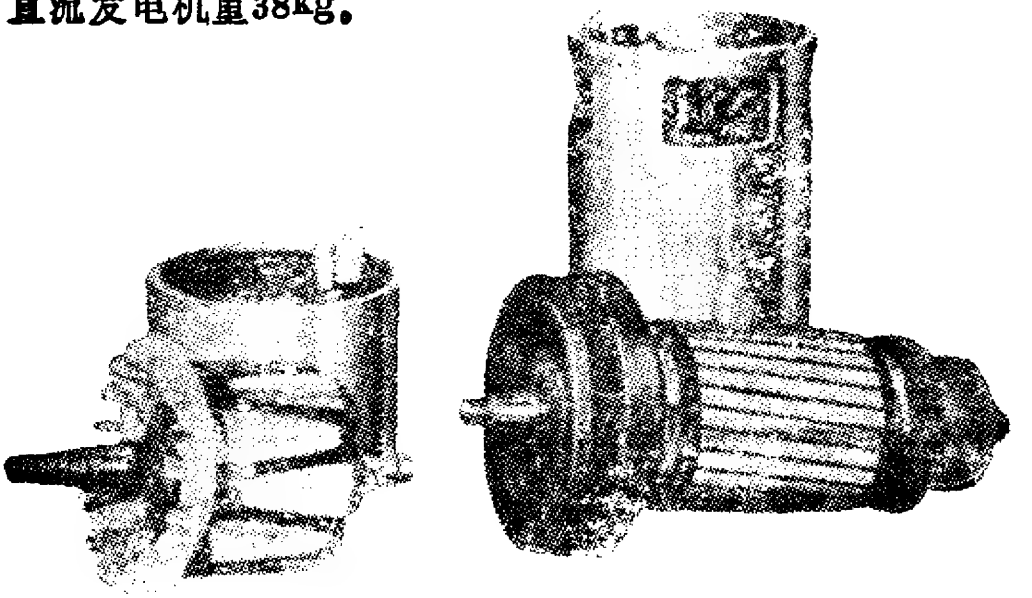


图125　交流发电机和等值直流发电机的比较

图 126 是从二极管和引出线输出口一端所观察到的交流发电机外观图。从未拆卸的交流发电机外部和从拆卸下来的端盖的内侧可以观察到整流二极管。还可从图中观察到导线输出口。二极管的冷却是由安装在交流发电机另一端的风扇进行的。要知道硅二极管在温度高于 150℃时就会丧失其特性。电枢是三相的，其绕组为三角形连接。

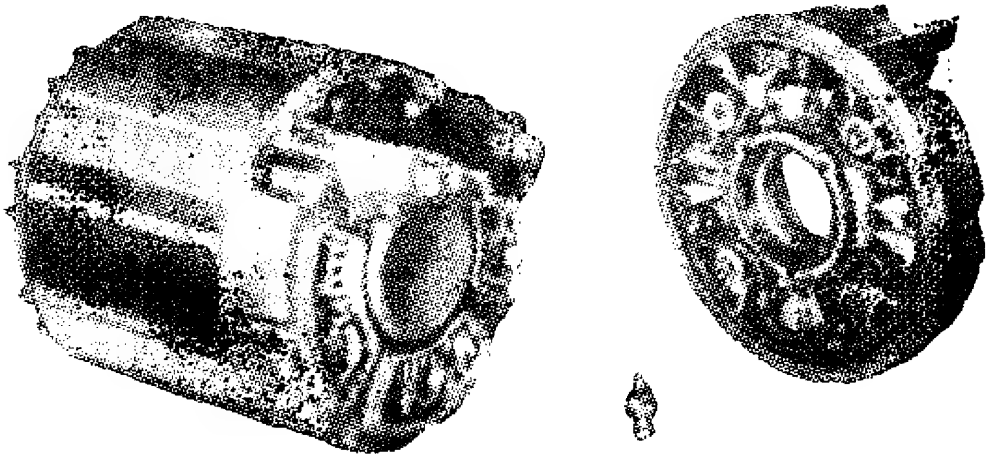


图126 从二极管侧观察的交流发电机外观图，带有已拆下的端盖

图 125 所示的是带有风扇和滑环的转子。磁场线圈的供电环可以与轴承一起，由端盖轴承套罩住。这样可以防潮、防油雾并防止由风扇吸来的灰尘影响。磁场绕组的电流为1A或2A左右。

目前提供的这种交流发电机是采用摇动式托架安装，不久以后将提供挂角的交流发电机。皮带传动根据用户选定。传动可采用 3 根宽 12.6mm的三角形传动带，其张力应为60至 110kg。

电 气 特 性

图127是在电压为 27.5V 的情况下随交流发电机的转速而变化的电流特性参数图，这时的电压相当于正在充电的蓄

电池充电电压(每个蓄电池约为 2.3V)。可从图中看到，当交流发电机的转速达到 3400 r/min后，即可得到60A的最大电流，而最大转速可达 8000 r/min。该图表中有三条平行的刻度线，一条是刚才讲到的交流发电机的转速线；另两条是传动发动机的转速线，其减速比分别为2.3:1和2.5:1。

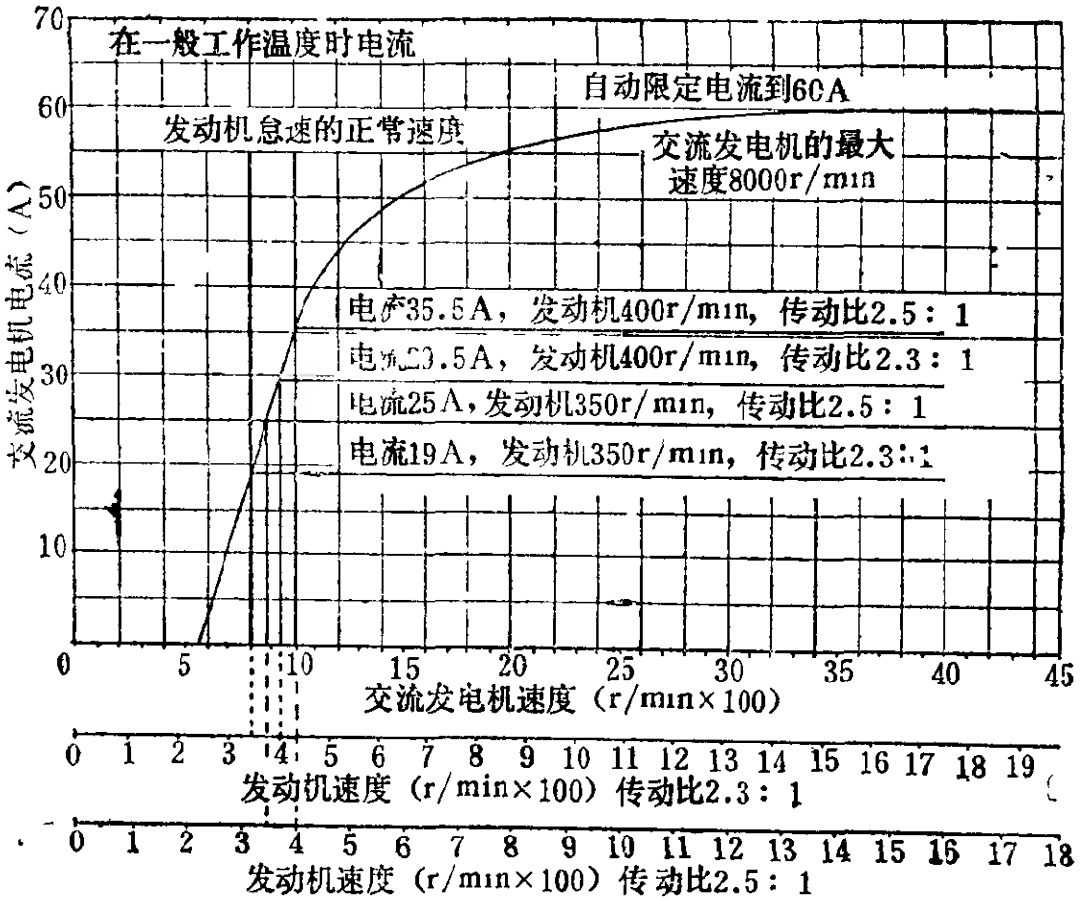


图127 在电压为 27.5V时 C. A. V.交流发电机的特性曲线图

从图中可以看出电流产生时，交流发电机的转速为580 r/min,按减速比计算,相当于发动机的略高于200 r/min的转速。将在稍后谈到这个低转速的好处，这个低转速可被称为"接通转速"，就象在直流发电机上所发生的情况一样，尽管其过程各不相同。

特 殊 用 途

前面曾介绍过这种交流发电机的多种特殊用途。匹配这种交流发电机的车辆有一个共同点，就是发动机经常处于怠速状态，车辆常常以慢速行驶。图 128 是一部这种车辆的总行驶时间分布图，从图中看到发动机在大部分时间里以慢速运转，尤其是以低速运转。图129中加了两条特性曲线：一条是所要介绍的这种交流发电机的特性曲线，另一条是与其等值的直流发电机的特性曲线。可从图中看到交流发电机以低速运转时输出的电流很大，而直流发电机以同样的转速运转时输不出电流。

自怠速以后，输出大量电流的交流发电机可以减轻蓄电池的负担，因为蓄电池只需保证起动。从而使制造成本更加经济。

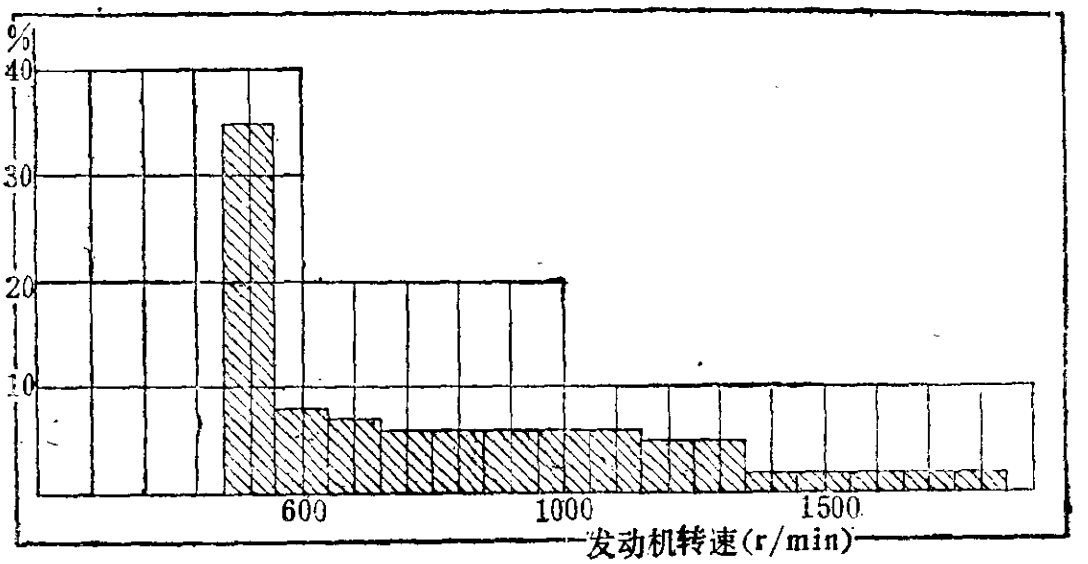


图128　发动机根据其转速工作时间分布图

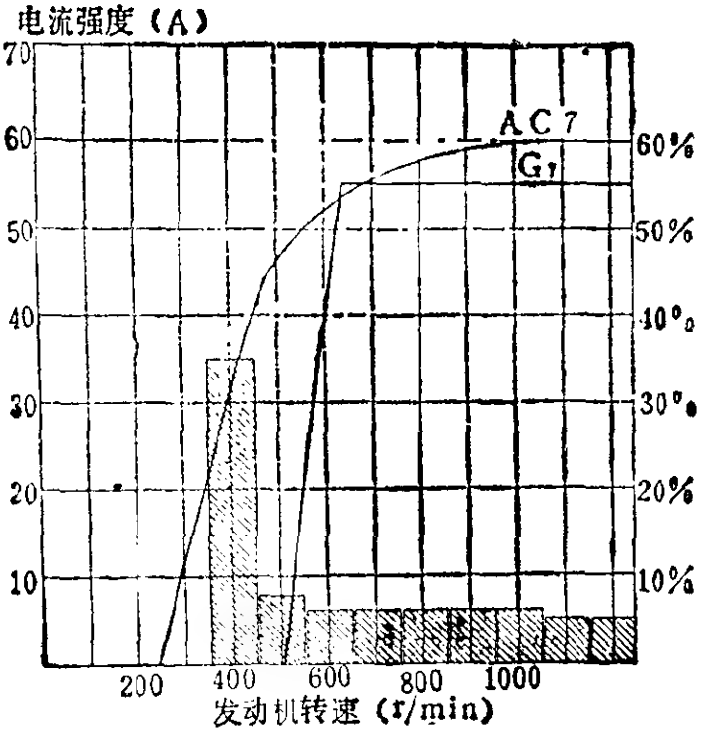


图129　在不同速度阶段，直流发电机（G7）和交流发电机（AC7）的可能性特性曲线

控　制　器

AC724-6型交流发电机的运转由一个如图130所示的控制器操纵。该控制器包含一个367-3型调节器，调节器中包含有晶体管和稳压二极管。这种调节器的结构和工作原理前面已经介绍过。

由于交流发电机能够在任何情况下使蓄电池维持在完全充电状态，故需另外设计一种装置，以便在蓄电池负荷不大的长时间内限制电流。这一工作可通过接入一个双位开关来进行，当该开关处于S位时，接有一个附加电阻；这样在开路中就可以得到1V的电压降，从而把输出的电流限制在一个更小的值内。

该装置的一个重要特征就是调节器内安装有一个隔离继

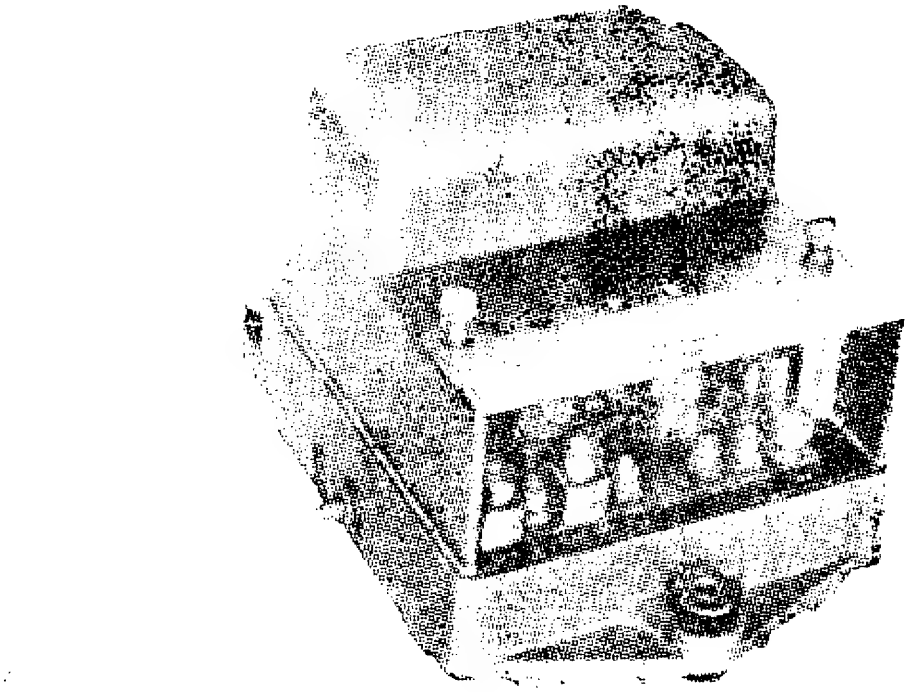


图130　控制器

电器。该继电器的作用是当交流发电机停车时断开蓄电池充电回路，而当交流发电机一开始运转时又接通该回路。可以通过这一方法避免蓄电池向磁场线圈放电，而不是向整流二极管所保护的电枢放电。要知道这一危险可以通过点火开关和一个磁场线圈开关相连来避免。

有人说这个隔离继电器完全象一个开关，这个开关是直流发电机必不可少的，而在交流发电机上我们认为可以取消。但对于所讲的这种交流发电机来说，该继电器并不象所了解的那种开关。下面分析一下它的工作情况　该继电器是通过交流发电机的电压(当然不是蓄电池电压)而起作用的。当磁场线圈开始起动旋转，转子上的残磁使发电机开始发电，并再增大激磁，电压再增高。当电压达到 18V 左右时，继电器工作，从而使电磁铁闭合该蓄电池回路，使蓄电池与磁场线圈相连。

当交流发电机减速，转速降到一定程度，发电机发出电压亦降到一定程度，继电器电压下降到约10V以下时，继电器的电磁铁就会放开其衔铁，使磁场线圈与蓄电池相分离。

要注意到该装置与直流发电机的开关装置是不相同的。当后者的衔铁一闭合其触头时，就允许充电电流通过，而当它断开时，就会切断蓄电池反送到直流发电机中去。由于这样其触头就会被逐渐磨损和烧坏。与此相反，交流发电机的继电器决不会切断“直流发电机-蓄电池”回路的电流，而只切断“磁场线圈-蓄电池”回路的微弱电流。

还需补充一点，调节器的最大工作温度为45℃。

十四、C. A. V. AC5交流发电机及其440型调节器

AC5交流发电机有四种型号，其主要特性参数如表：

型　　号	AC 5/12	AC 5/12 低接合转速	AC 5/24	AC 5/32
电　　压	12V	12V	24V	32V
冷态时的最大电流	60A（电压为13.5V）	45A（电压为13.5V）	33A（电压为27.5V）	25A（电压为36V）
热态时的最大电流（电压与冷态时相同）	55A	41A	31A	23A
接合转速（交流发电机）	1150r/min	820r/min	1150r/min	1150r/min
转速为3500 r/min时的输入功率	2.2马力*	1.9马力*	2.4马力*	2.4马力*

* 1马力=735.499W

最大环境温度为70℃；冷却方式为强制风冷。不带皮带轮时的重量约为5.9kg。旋转方向可逆。最大转速为10000 r/min。

AC5交流发电机坚固耐用，重量较轻，只需很少的维护保养，可以和高压传动皮带一起运转。

目前，已研究出一种可靠而持久的防止锈蚀和绝缘缺陷的保护措施。激磁绕组由爪式转子的八个极来保护，并使其平衡，以防振动。主轴承是密封的，只需一次润滑。转子的

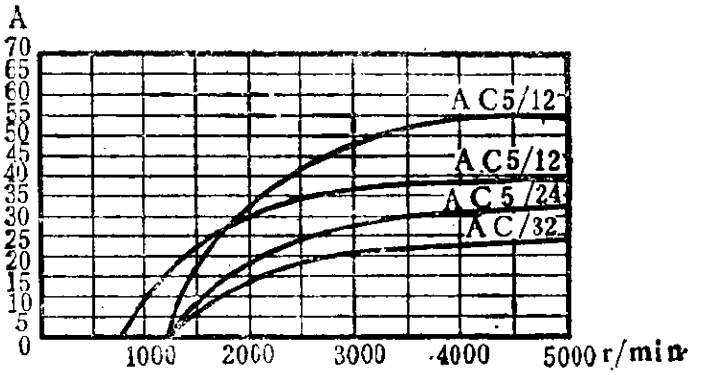


图131　AC5交流发电机特性曲线

滑环也包有封皮，以防灰尘。

冷却是通过安装在转子轴上的离心通风装置实现的。在原安装标准导向装置的地方，安装一个防干扰装置。

将交流发电机固定在汽车上可以用以下四种方法：

固定在有一个孔洞的摇摆臂上，有无反干扰屏蔽均可；

固定在摇篮式托架上，有无反干扰屏蔽均可。

AC5交流发电机的电路图（见图132）

这种交流发电机包含一个由9个硅二极管组成的整流器。其中6个二极管组成普通的三相整流桥，另外3个二极管用于激磁。发电机有4个接线柱：两个主接线柱“+”与“—”，以及两个激磁接线柱A与F（分别代表“+”与“—”），接线柱A与F分别与调节器的两个同名接线柱相连。交流发电机的正接线柱A既相当于3个正激磁二极管，又相当于磁场绕组的一端。将在后面说明这个接线柱A对于起动与指示灯的工作所起的作用。

虽然两个主接线柱“+”与“—”是隔离的，而且分别与两根导线相接，但还是可以用接地来构成电流回程。

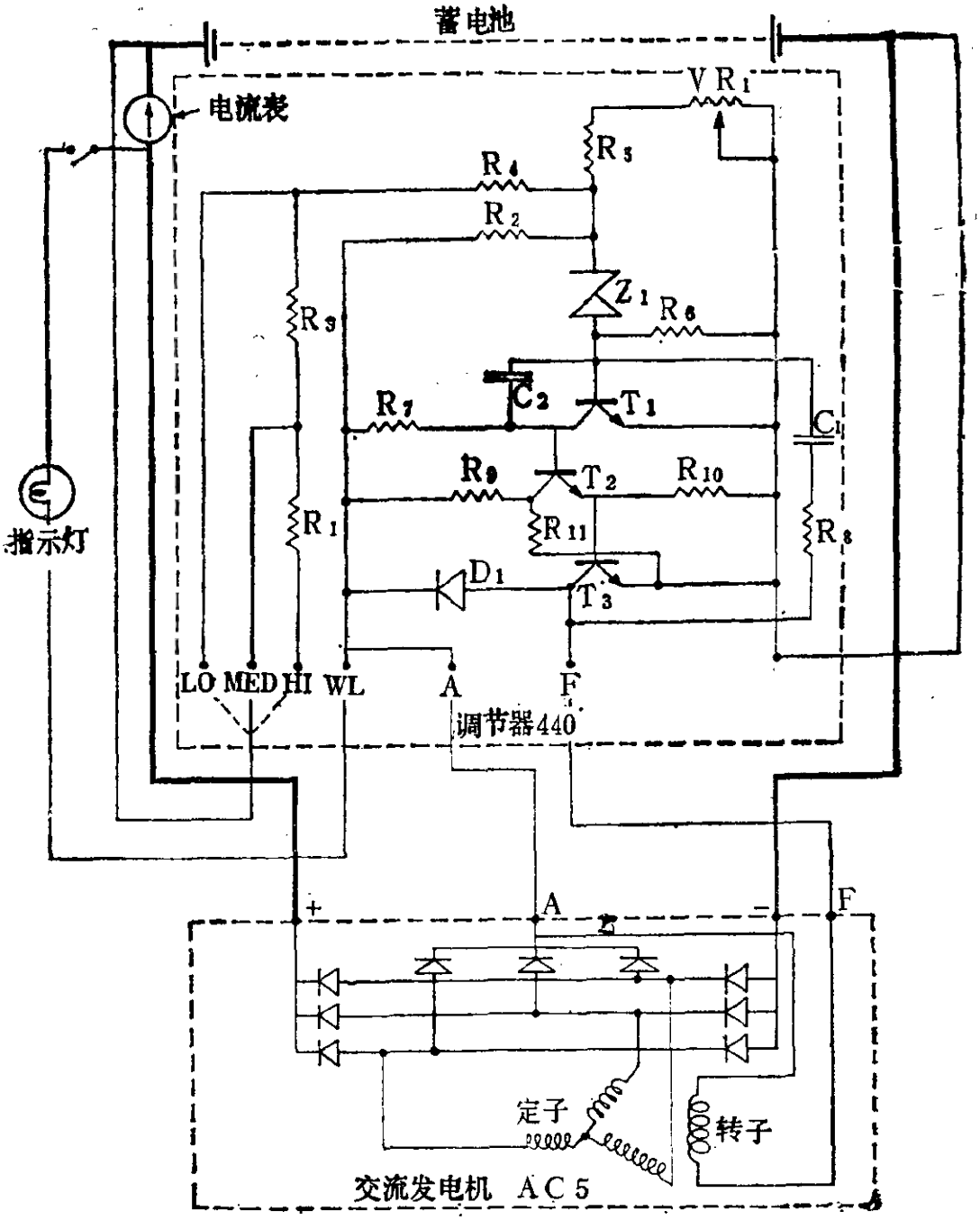


图132 AC5交流发电机及其调节器440的电路图

440型电子调节器(见图132)

这种调节器完全是静态的和电子式的，防振性能良好，而且不需任何维护保养或调节。它是完全密封的，能防尘，

它还有一个装有铝制散热片的外壳，用它来实现冷却。这种调节器能防锈蚀，可安装在任何地方，只要周围有空气流通。整个调节器重 225g。它的 7 个接线柱如下(见图 132)。

——3 个用于改变电压调节的接线柱，这种改变是根据电流需求的大小、环境温度以及蓄电池型号等各种数据进行的。这 3 个接线柱中，只有一个与蓄电池的"+"极相连，弱电流时是接线柱 LO，强电流时是接线柱 HI。中间电流时是接线柱 MED。可从图中看到，这种接线的改变会导致引入的结果，或使电阻 R_1、R_3 与 R_4 和稳压二极管 Z_1 的连接发生短路；

——一个与指示灯相连的接线柱 WL；

——接线柱 A 与 F 分别与交流发电机的同名接线柱相连。A 是+，F 是−，A 接线柱亦适应于 3 个激磁二极管。

在调节器内部可以看到：

——3 个晶体管 T_1、T_2 与 T_3 均属变型 NPN；

——1 个稳压二极管 Z_1，起稳定电压的作用，其调节是由电阻 R_4，R_3，R_1，R_5 和 R_6 以及可调电阻 VR_1 所确定；Z_1 通过 LO、MED与 HI 这 3 个接线柱中的一个接在蓄电池(和交流发电机)的"+""−"接线柱之间；

——1 个二极管 D_1，当其正常电路被 T_3 切断时，可让感应绕组的感应电流通过；

——电容器 C_1 与 C_2 以及一些电阻，它们的作用是改善晶体管的转换，避免干扰和改进工作性能。可看到电阻 R_{11} 引接在 T_2 与 T_3 的电路之间。

工作情况如下：

当电压没有达到由选择接线柱 LO 或 MED 或 HI 以及 VR_1 的调节中所确定的最大值时，Z_1 不导通，T_1 也不导通。

感应线圈通过 T_2 与 T_3 供电，因为它此时一方面与交流发电机内部的“+”接线柱相连，另一方面又通过F与 T_3 与“—”接线柱相连。如果稳压二极管因设备电压而导通，则 T_1 也导通，并切断 T_2 与 T_3 的电路。要知道 D_1 能让磁场绕组的感应电流通过，从而可保护线路防止过电压，同时保证磁场绕组的电流持续通过，其平均值可按需要调整。

指 示 灯

从图 132 中可以看到，指示灯的开关(左上)在起动时闭合，允许一部分电流通过指示灯，WL 和A 进入感应绕组，并经F、T_3 与调节器的“—”接线柱返回至蓄电池。这样一来，就可通过一个他激使发电机的点火更加容易。

指示灯开始发亮，一旦交流发电机的电动势与蓄电池的电动势平衡，就立即熄灭。指示灯需要制造厂家确定一个阻抗(也就是电压和功率)，以便能充分向感应绕组供电，而又不在交流发电机停车时造成过多的放电，因为这时指示灯的开关已闭合。

在这样的交流发电机上，可以接入一些与指示灯相连的“接收机”。

特 性

图 131 表示 AC5 交流发电机四种型号的负载特性。从中可发现 AC 5/12 这两种型号中仅有一种是低接合转速。

必须指出，确定这些特性的环境温度为20℃，有关的工作电压已在本章一开始的图表中列出。

十五、克里斯莱(CHRYSLER)交流发电机

总体结构

克里斯莱交流发电机是一种三相交流发电机，其磁场绕组是旋转的，构成转子，电枢是固定不动的，构成定子。

转子不是由永久磁铁构成的，而是象用于工业上的大型交流发电机一样，由一组电磁铁构成，并通过两个滑环和电刷为它供给直流电。

定子的三相电流是用一些硅二极管整流，这些硅二极管固定在交流发电机上，因此仅有一根充电导线从交流发电机的一个接线柱出发与蓄电池相连，这样，电路就通过一半整流器而接铁。

除充电接线柱外，这种交流发电机装配的另一个接线柱允许把一部分蓄电池的直流电输送到转子上。

交流发电机上还有第3根导线，这根导线从转子的第二个供电电刷附近出发，经外壳与调节器的底座相连。电刷本身通过刷架接地。这根导线的作用只是"保证"接地情况良好，以避免由于接地不良而造成意外事故。

调节通过普通的振动式调节器来实现，使调节器进行工作的是设备电压。调节器接在转子的供电回路中。

这种交流发电机上没有截流器，它已被整流器所取代。

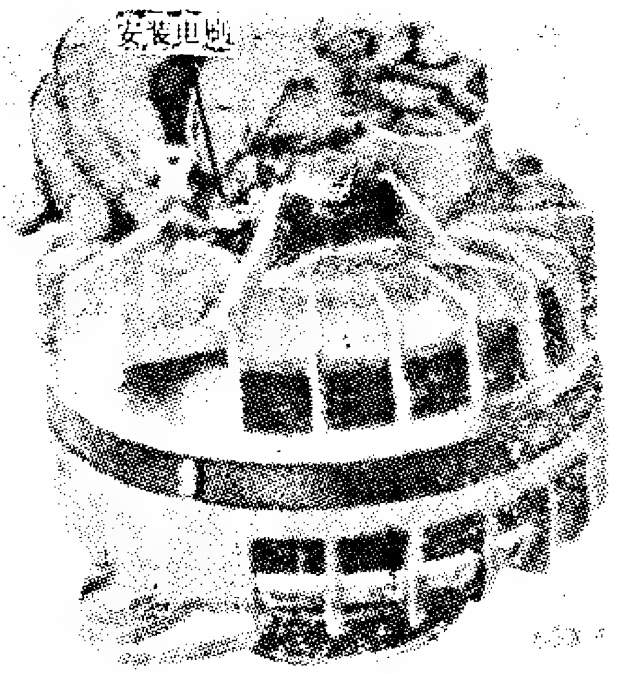


图133　克里斯莱交流发电机总成外观图(安装转子正极电刷)

图 133 是这种交流发电机的总成图，图 134 是其分解图。

转子——包含12个极，南、北极交替出现。绕组两端与两个滑环相连：其中一个滑环呈圆柱形；与它相磨擦的是由一个弹簧支撑的隔离电刷，弹簧的弹力与转子轴垂直。另一个滑环呈环形，位于与转子轴垂直的平面上，与它相磨擦的是一个不与外壳隔离的电刷，该电刷与轴平行。我们可能认为，设备只需要使用一个电刷就可以构成接地回路。磁场绕组的一端可与转子轴相连，转子本身则通过轴承与交流发电机的外壳及汽车相连。这种接线法对电流及轴承均可能造成损害。所以另外接了一根专用接地线，用它将交流发电机和调节器的底座相连，前面我们已提到过这根导线。

转子两端均有一些冷却叶片，构成一种涡轮通风装置，这对于安装紧凑的交流发电机和容易发热的整流器来说是必不可少的。

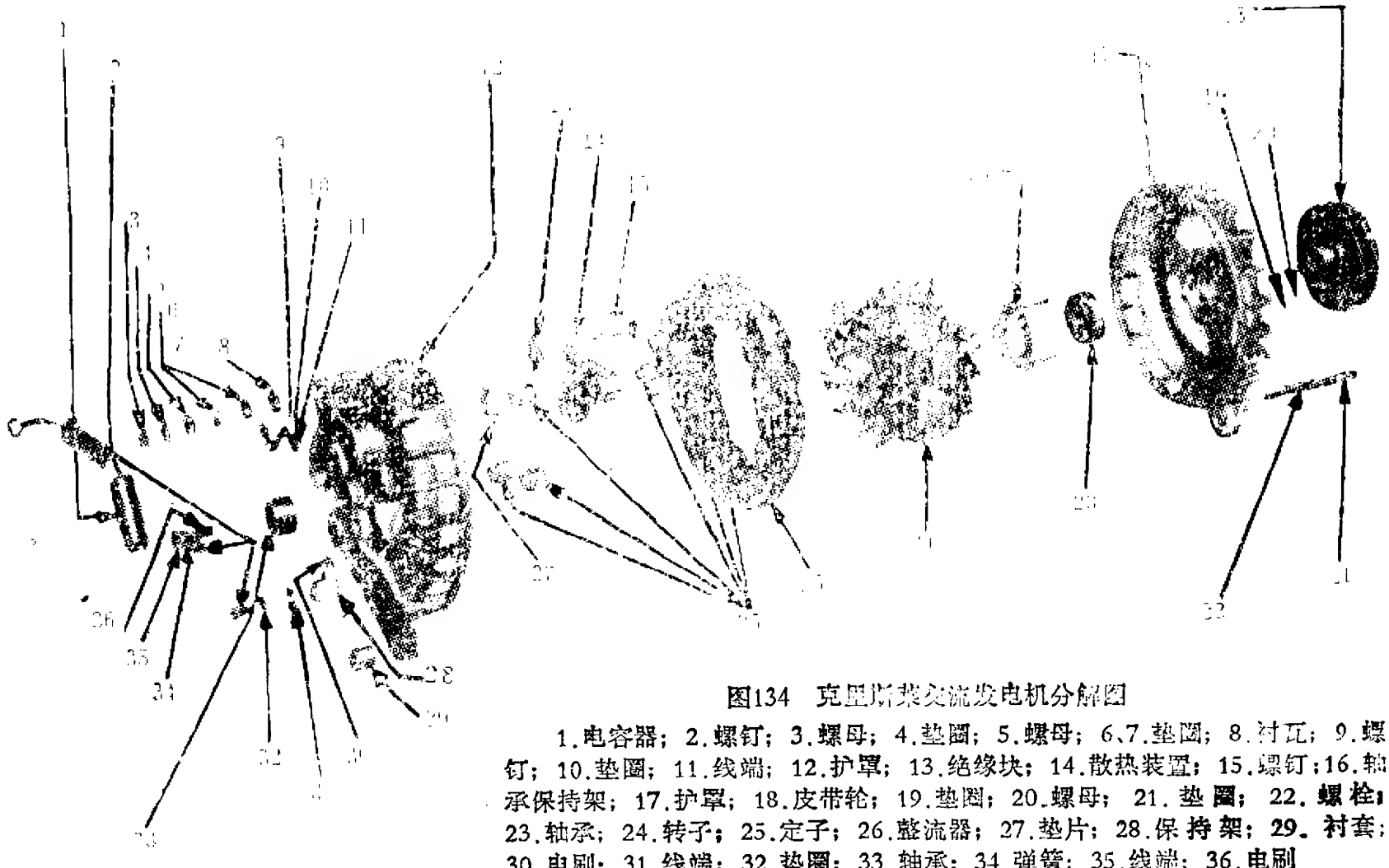


图134　克里斯莱交流发电机分解图

1.电容器；2.螺钉；3.螺母；4.垫圈；5.螺母；6、7.垫圈；8.衬瓦；9.螺钉；10.垫圈；11.线端；12.护罩；13.绝缘块；14.散热装置；15.螺钉；16.轴承保持架；17.护罩；18.皮带轮；19.垫圈；20.螺母；21.垫圈；22.螺栓；23.轴承；24.转子；25.定子；26.整流器；27.垫片；28.保持架；29.衬套；30.电刷；31.线端；32.垫圈；33.轴承；34.弹簧；35.线端；36.电刷

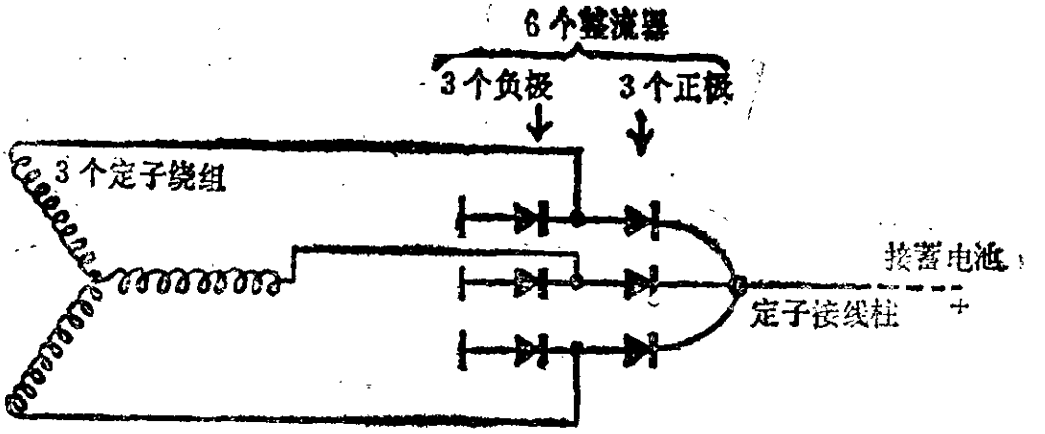


图135 定子绕组和整流器的线路图

从图 134 中可看到这种交流发电机的转子及其各个极与叶片。

定子——它包含 3 个绕组，每个绕组有 6 个线圈，绕在36个薄板构成的凹槽中。如图 133 所示，环绕交流发电机的那根黑色带子就是定子（薄板的颜色与铅质外壳的颜色不相同）。也可在图 134 中见到定子。

3 个绕组呈星形连接。它们均有一端与一个公共点相连。其它三个端与 6 个整流器相连，如图 135 所示。

端盖——有两个铝铸端盖（见图134），上面装有冷却叶片。

两个端盖通过预先上了油的轴承来支撑转子轴，其中一个轴承为滚珠轴承，另一个轴承为滚柱轴承(见图134)。

它们是由通风机的控制杆与一个皮带轮带动的（见图134)。

传动侧的端盖内部大多是刳空了的，不支撑任何电器设备。

另一个端盖(见图 133 上，图 134 左)支撑整流器、电刷和接线柱(如图 136 所示)。

整流器由6个小圆圈表示。其中3个负整流器用“—”号表示(它们只允许电流返回绕组)，呈三角形分布在端盖轴的周围，一端直接接地，另一端与3个绕组的一端相连。

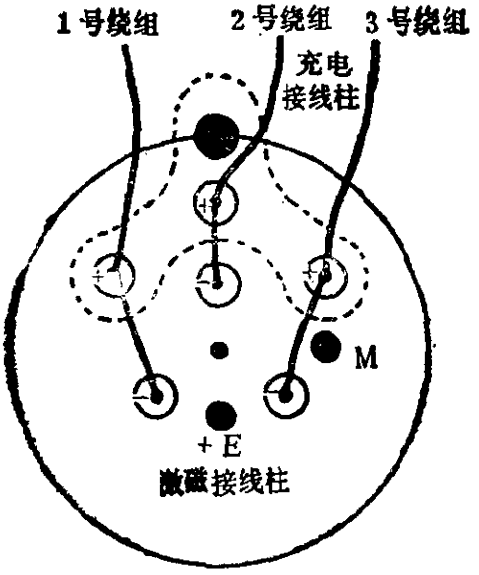


图136 交流发电机端盖上接线柱、电刷、二极管的布置简图

另3个正整流器在图136中用“+”号表示（它们只允许电流从绕组输出)，安装在一块位于端盖但又与其绝缘的特制肘形铝板上。它们一端与3个绕组相连，另一端与交流发电机的接线柱相连。可从图134中看到该接线柱的螺栓、绝缘件、套管、螺母等。

上面讲的那个端盖还支撑转子的两个供电电刷。正电刷(即连接与蓄电池隔离的“+”接线柱的那个电刷)在图136中与隔离接线柱E相连。负电刷安装在一个不隔离的支架上，如图136中的M所示，它与调节器的底座相连。我们可在图134中看到这两个电刷。图137是它们的分布图。另外，还可在图133中看到那个隔离电刷。

电容器——电容接在充电接线柱与接地之间，它可接在交流发电机内部，也可接在交流发电机外部。这是一个防干扰的电容器。

调节器——如图138所示，这是一种普通调节器。它有两个接线柱：其中一个通过点火按钮与蓄电池相连(IGN)；另一个与转子相连(FLD)。接地是通过前面已讲过的那根专用线来实现的。

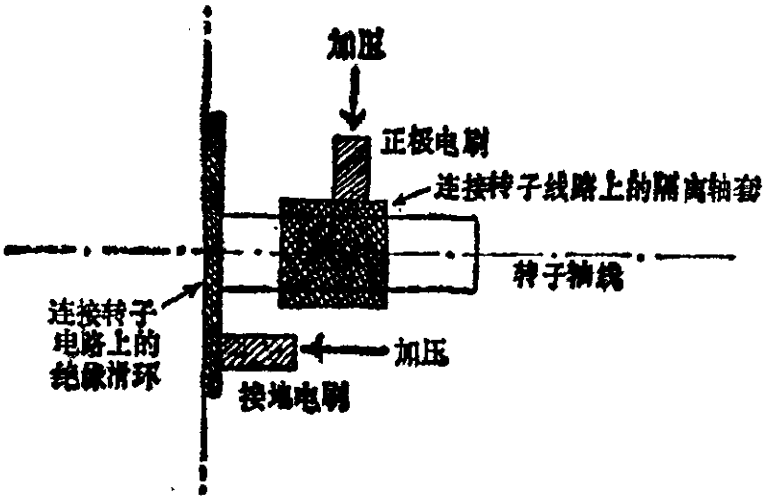


图137　转子电刷和滑环的分布图

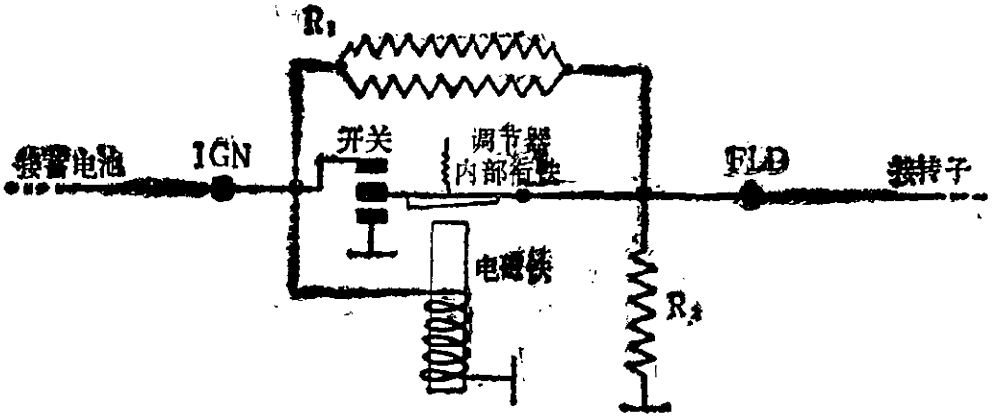


图138　调节器电路图

这种调节器就象一个双级电压调节器。在停车或电压很弱时，上触头不动，电流直接从蓄电池到转子。当上触头振动时，它通过电阻R_1接通转子回路。当电压增大时，下触头振动，它便通过电阻R_1每隔一段时间使转子短路。电阻R_2似乎是一个“接通”电阻，目的在于保护触头以防止击穿火花。

图139是这种调节器的总装图。可从图中看到调节间隙的量规。

图139　调节器的总装配图(使用间隙量规)

总的线路组装

图 140 是这种交流发电机的总接线图。

可从图中看到点火触头，它一方面可将电流传送给点火

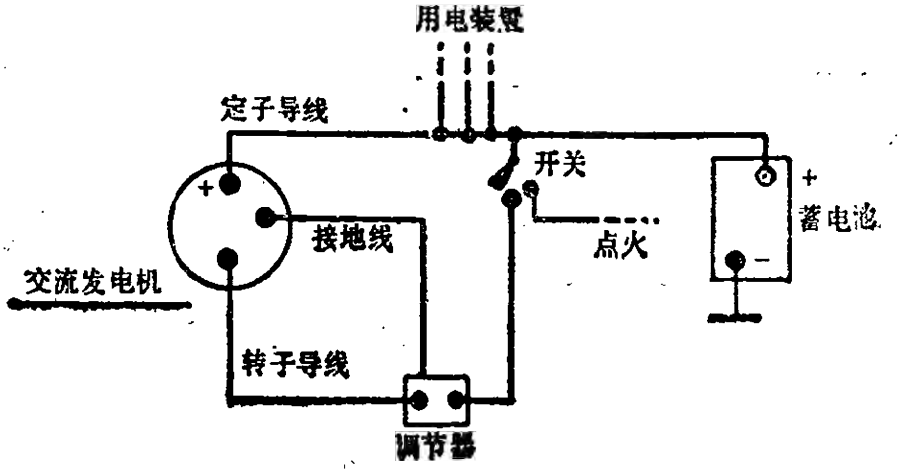


图140　总接线图

线圈，一方面又可将电流传送给转子，但它只在需要时才为转子供电。

特性参数

电压：12V；

电流：35A；

激磁绕组电流：根据电压、温度及转速约为2～3A；

发动机转速为1250 r/min时的电流：在电压为14.6V时，电流至少为28A；

发动机转速为2200 r/min时的电流：在电压为15V时，电流至少为33A。

十六、C. S. F. 杜加迪(DUCATI)*永久磁铁式交流发电机

通　性

这种交流发电机具有如下通性：

——由钢质永久磁铁代替电磁绕组，转子直径小，重量轻，惯性小，因而转差率也小，传动皮带不易磨损；

——取消了转子的供电滑环和电刷，从而使装置大大简化，磨损及故障减少，提高了输出效率(因为省电、无磨擦)和在潮湿、含盐或灰尘很多的环境中运转的安全系数；

——采用了一个最初的调节器系统，因为它不可能再调节磁场绕组电流。这个最初的调节器系统不仅引进了全套的电子元件(包括普通晶体管、稳压二极管以及可控硅)，而且还引进了成套的磁性元件（包括电抗器或转换器或饱和电感线圈)；

——最后，E型交流发电机的调节器系统安装在发电机的内部。

这种交流发电机是由杜加迪(DUCATI)公司制造的，该公司是C. S. F. 通用无线电报公司的意大利分公司。

该公司制造的这种交流发电机有两种类型：一种是 ME

---

* 目前已改为Thomson-CSF

型，即所谓的“预先磁调和电子调节”；另一种是E型，即“通过可控二极管预调和电子调节”。

ME 型

这种类型的交流发电机的调节器安装在外部，其总成如图 141 所示。图 142 为其电路图，图 143 是其尺寸图。它们可提供 300、400 和 700W的额定功率，相应的电压分别为 6V、12V和24V。在转速为 13000 r/min 时，可提供的电流为50、38和36A，相应的蓄电池电压分别为6.7V，13.5V和27V。发电机重量为4.5kg。

饱和线圈

磁饱和线圈是调节器的主要部件。它们赖以工作的原理就是软铁芯在磁动势下(即磁化安匝越来越大的情况下)实现磁饱和的原理。在一个包含有铁芯的螺管线圈或绕组中，当电流增大时，由安匝所产生的磁场就会使铁芯发生非常大的磁感应，从而产生很大的磁通量，这种磁通量比没有铁芯的螺管线圈所产生的磁通量还要大。但这种磁通量的增加（即磁力线中的铁芯的特殊导磁率)和磁化安匝的数目成正比。开始，磁通量增加很快，几乎达到常值，随后，当安匝超过一定值时，磁通量又迅速下降，又几乎变为常值。这时就称之为铁芯饱和了。

这种饱和现象如图 144 所示，横座标代表安匝数，纵座标代表磁通量。与曲线A相对应的安匝是正安匝，也就是说先沿着一个方向迅速上升，随后放慢速度，最后几乎和H平行。即当安匝数超过一定值时，磁通量几乎不再受安匝数的影响。与O对称的曲线 A′H′ 和绕组中的电流方向相反，即

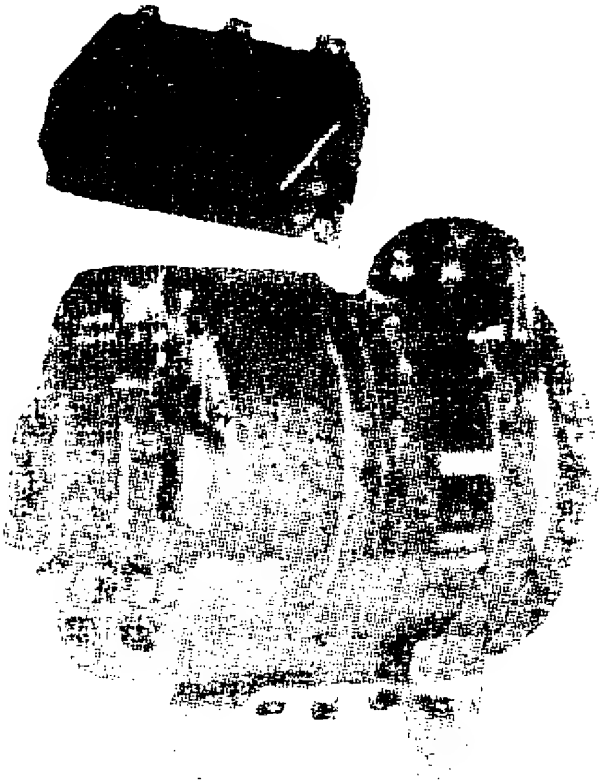


图141　C. S. F. 杜加迪 ME 型交流发电机及其调节器

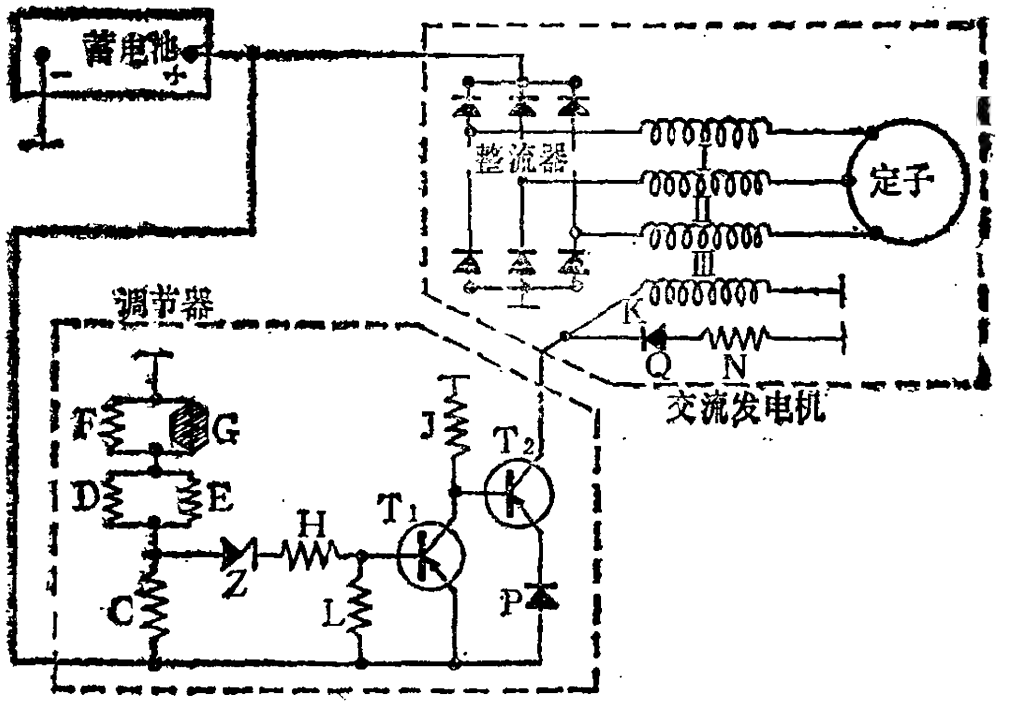


图142　ME 型交流发电机电路图

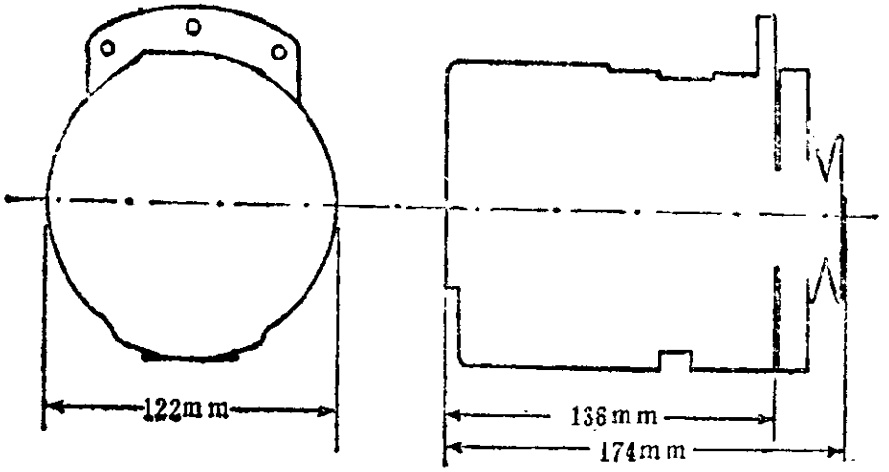


图143　ME型交流发电机尺寸图

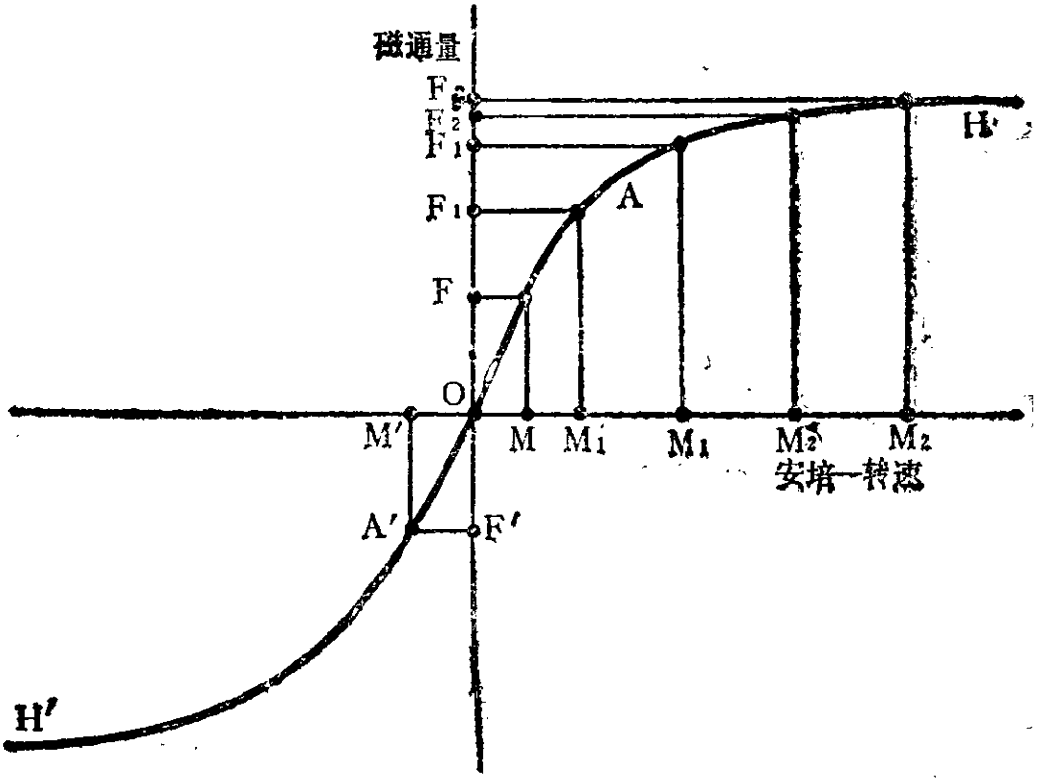


图144　铁芯磁饱和

与铁芯的磁性相反。为了使图解简化，假设当电流返回到O时，铁芯为纯的，不含任何磁性，即所谓"顽磁"，但这个假设只适用于软铁芯，对磁铁不一定适用。

在这种情况下，如果通过螺管线圈的电流是交流电，那么安匝数摇摆于 M 与 M′ 之间。通过铁芯的磁通量则摇摆于 F 与 F′ 之间。这时的铁芯磁通量变化很大，铁芯中的电感系数也很大。绕组的阻抗或表观电阻也同样很大。当安匝数摇摆于 M_1 与 M_1' 之间时，那么在 F_1 与 F_1' 之间所测得的磁通量变化将变小；而当安匝数在 M_2 与 M_2' 之间变化时，磁通量的变化几乎可忽略不计。这时，阻抗和表观电阻相等，因为电感系数为 0，这时的阻抗可能非常小。

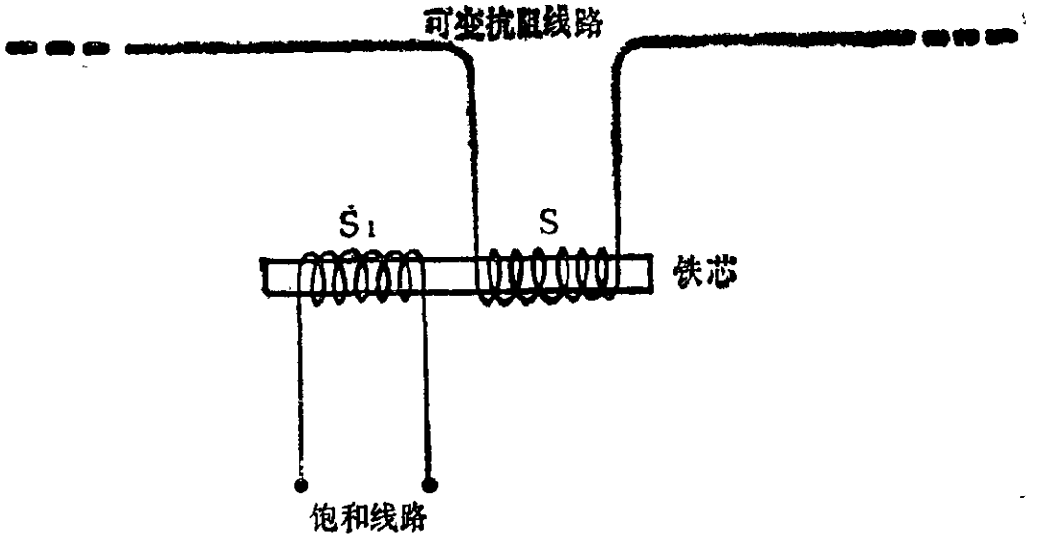


图145　饱和线圈图

但是，即使安匝不是由一个唯一的绕组而是由好几个绕组所产生的，上述说明也可看作是有效的，因为安匝数是不断得到补充的。由此产生一个想法：即如图 145 中的 S 所示，如果要想在一个回路中使电感系数发生变化，则可使该回路包含电阻很小的一定数目的匝数。在支撑 S 的薄层软铁芯上另外有一个绕组 S_1，并使它与原来的那个绕组隔开，那么，就可使一个直流电或经过整流的电流通过该绕组。这个电流的作用就是根据需要逐渐产生，或者不产生磁饱和。要不然

就只能听其自然。

线圈中的磁通量是两种安匝在铁芯中重叠的结果。一些安匝是在图 146 中 OM 上测得的，是由线匝 S_1 提供的；另一些安匝是在 m 上测得的，是补充到 OM 上的，或者从 OM 中减去，因为它们相当于通过线匝 S 的交流电。如图 144 所示，当 OM 很小时，磁通量变化很大，线匝 S 中的电感系数亦很大；当 OM_1 很大时，则磁通量变化很小，线匝 S 中的电感系数可忽略不计。

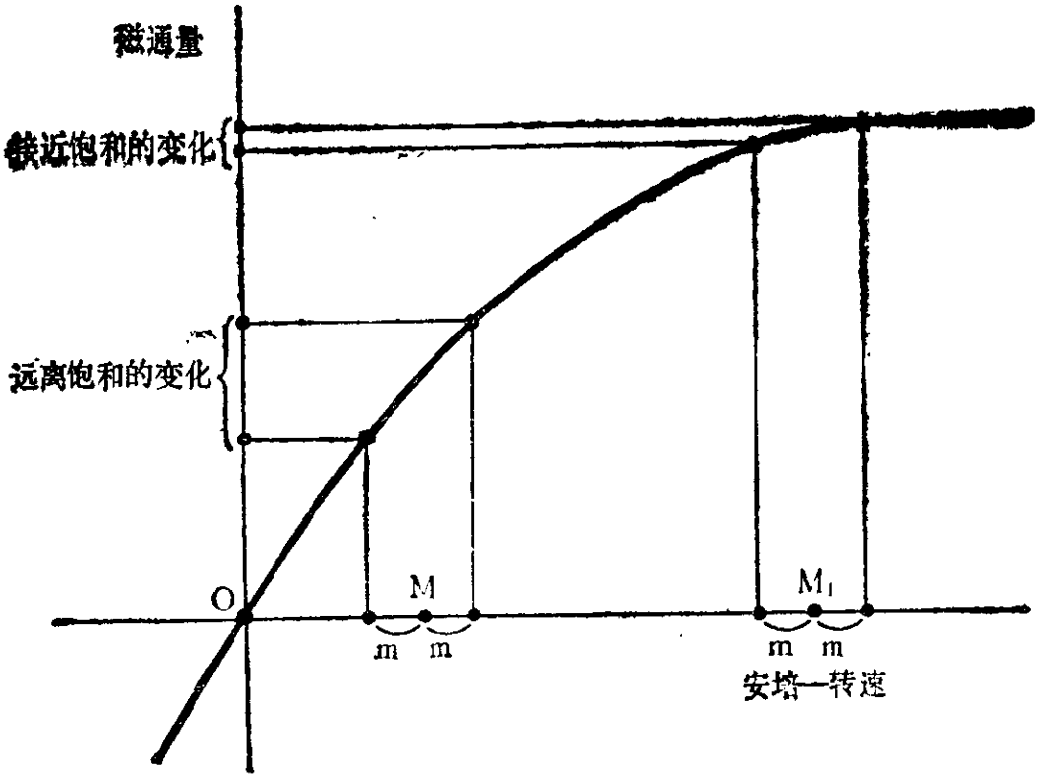


图146　饱和线圈的工况

ME 型调节器

图 142 是 ME 型交流发电机的电路图和电子线路图。图中可看到：

——交流发电机及其三相桥；

——三相电抗器，它包括3个串联在整流器之前的3个相位上的绕组I、II和III(这3个绕组相当于图145中的S)，以及饱和绕组K(它相当于图145中的S_1)，该饱和绕组K的铁芯与构成3个磁回路的绕组I、II、III的铁芯是共用的；

——普通电子调节器，它控制的不是磁场绕组的电流，而是通过K的饱和电流。

电抗器接在交流发电机内部，而调节器安装在外部。

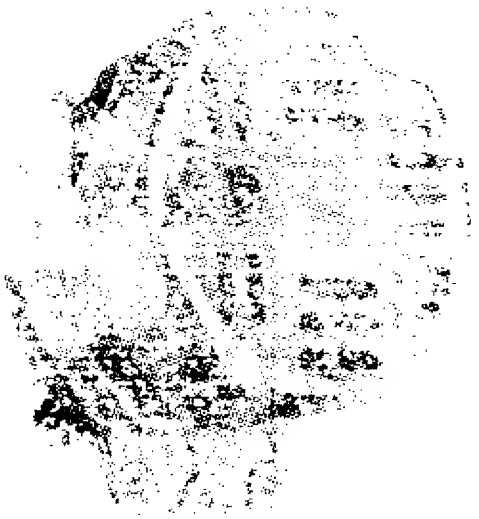


图147 C. S. T. [illegible]

K在下述情况下供电：

——当电压很弱时，稳压二极管Z〔它一方面通过电阻L与"+"接线柱相连，另一方面通过由电阻C、D、E、F和热敏电阻G组成的电位器与"—"接线柱（接铁）相连〕由于电压不足而不允许电流通过；晶体管T_1的基极亦不导通，其发射极和集电极回路同样不导通，因为它不能通过电阻J构成接地回路。这时晶体管T_2则通过电阻J使其基极电路构成接地回路，T_2因之导通，允许电流进入饱和绕组K。于是电抗器的磁回路饱和；电抗器绕组的阻抗可忽略不计，定子绕组释放出最大电流。图149中的曲线M是电流量的特性曲线。

——当电压很大时，稳压二极管Z允许电流通过。T_1通过J导通，同时使T_2的基极短路，使T_2不再导通。K中不再有电流。磁回路中的阻抗增大，使定子电流减弱。当电压下降时，上述过程又重新开始。图149中的曲线N是蓄电池

电压最大时的电流量特性曲线。显然，在M与N之间还会存在一些中间曲线，因为稳压二极管Z在低压下仍允许少量电流通过。

图142中有几个地方需要明确一下：包括电阻N和二极管Q的电路是绕组K的中断电流的放电回路，当绕组K中的电流中断时，该放电回路发生作用。热敏电阻G是一种当温

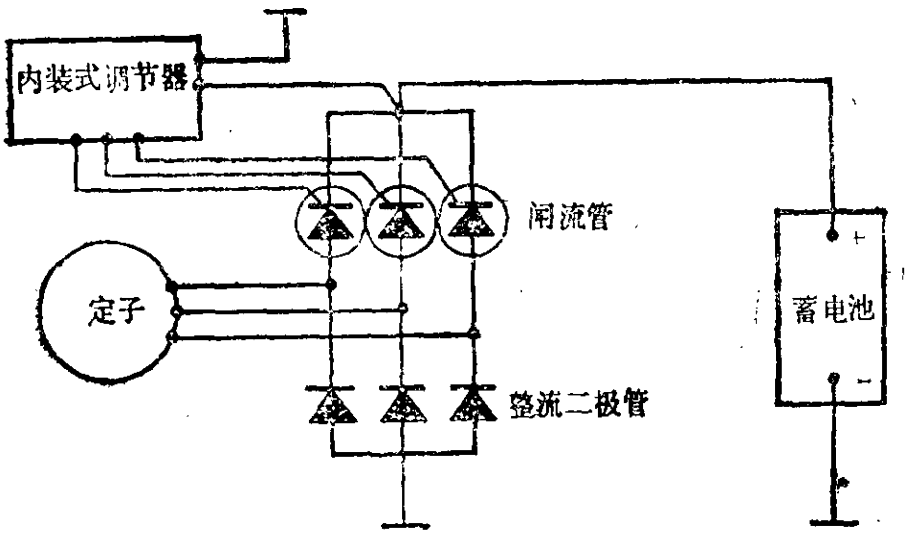


图148　E型调节器电路图

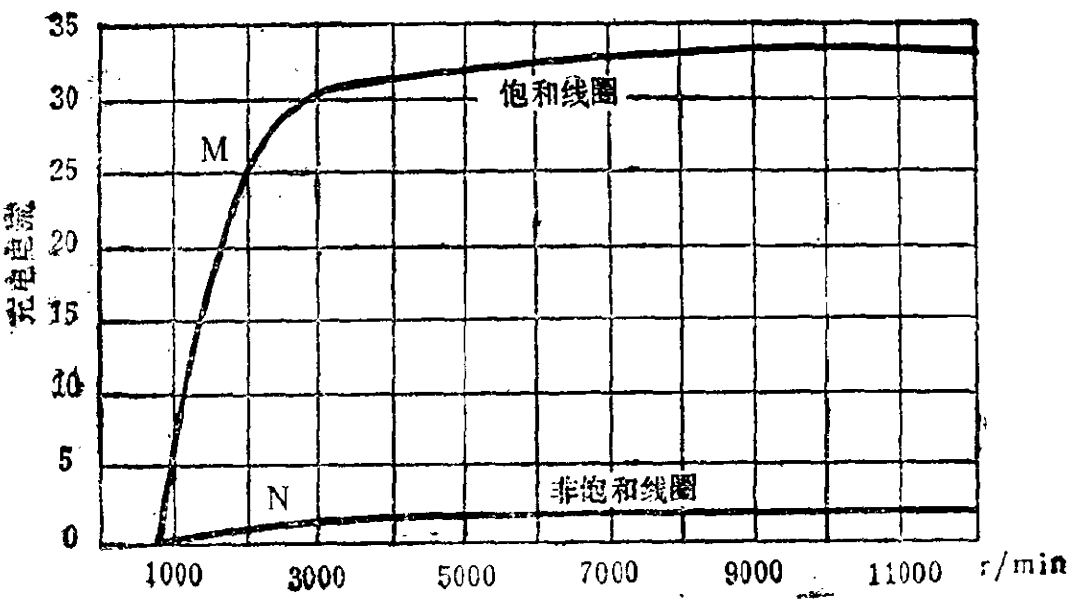


图149　用饱和线圈调节

度升高时电阻减弱的装置。如果温度升高，则由于F与Q的阻抗减弱，与稳压二极管Z相连的电位器的电压就会增大。假若这时蓄电池的电压比它的电压小，该电位器就会限制交流发电机的电流量。给蓄电池充电必须用合适的电流。还要说明一点，二极管P的作用是改善电流在T_2中的中断情况的(二极管实际上是一些电阻，它们随着通过的电流强度而变化)。

上面所讲的这种调节器是电压调节器。

E 型

图147是这种类型的交流发电机的外观图，图148是电路图。和ME型交流发电机一样，E型交流发电机也有好几种，所需电压分别为6V、12V和24V，电压与电流均相同。虽然这种类型的交流发电机的调节器是安装在内部的，但由于采用了先进技术，其总重量仅有3.1kg，故制造厂家称其为"世界上最小的交流发电机"。这种E型交流发电机有如下3个特点值得注意：

第一个特点是，由于调节器的体积小以及调节器本身的特性，必须将它安装在交流发电机内部。这种调节器是如此之小，又安装得如此紧凑，以致乍一看发现不了它。

第二个特点是，为了实现预先调节而采用了可控硅（见图148），这是一种起动开关，亦称为控制二极管。这些二极管只有当一个附加的特殊电极给它们传送合适的信息时，才允许电流通过。如图148所示，3个这样的二极管取代了普通三相整流器的3个正二极管，为了更加清楚起见，这3个可控硅在图中用圆圈将它们与其他二极管区别开来。这种二极管不是一旦有足够电压时就让电流通过，而是要等候一个

已确定好的合适时间之后才允许电流通过，从而能起到有效的调节作用。总之，这是人为地限制使用定子绕组的电动势波动。结果，可将电动势限制在一个平均值，电流亦可限制在一个平均值。

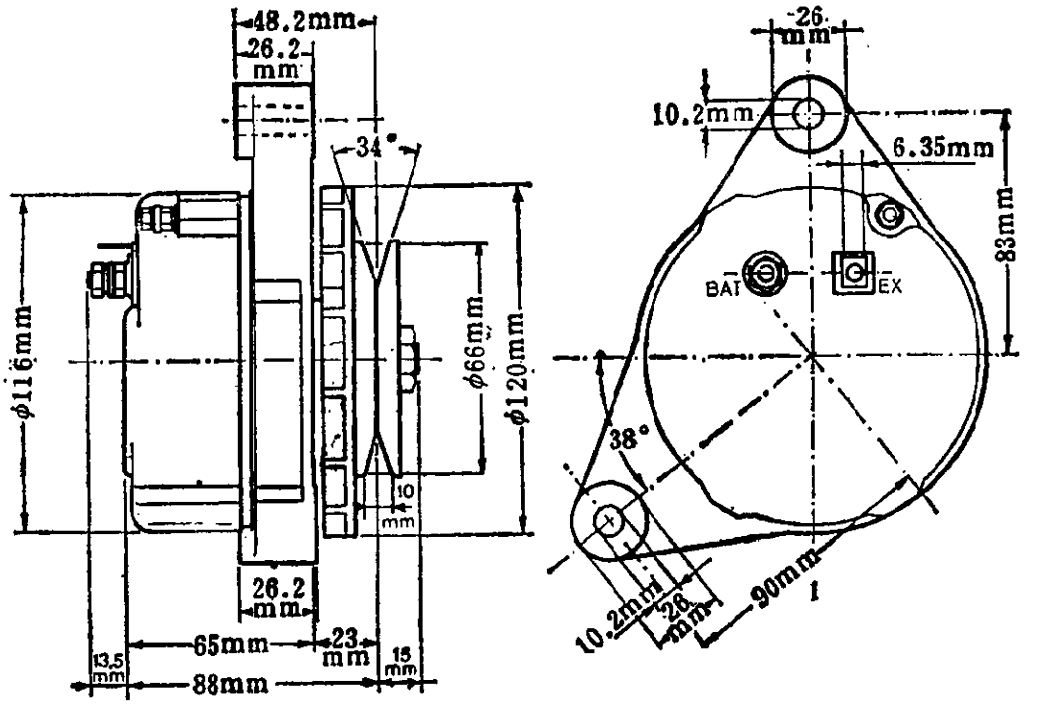


图150　杜加迪 E 150W128 型(1972)单相交流发电机

第三个特点是调节器的原理，无论从理论上还是从实践上都是有效益的。这种调节器是电子调节器，与定子紧密相连，它包含一些饱和线圈，但在图 148 中只能看到它们的接线柱，其中 3 个接线柱与 3 个可控硅的控制电极相连。

有关调节系统的注意事项

说实话，取消磁场绕组给调节系统带来许多从直流机过渡到交流机所产生过的新的情况，因为按同一原理制造的调节器，不论是机械的，还是电子的，都应该既适用于直流发电机，也适用于交流发电机。

所谓预先调节，对交流发电机来说，应理解为直接调节作用；对直流发电机来说，应理解为在磁场绕组电路中每隔一段距离引进一个使感应磁通量下降的电阻。这和前面讲的ME型交流发电机的情况相似，属于所谓预先磁调节，但其特性不同，因为对直流发电机来说，预先磁调节是指对磁场绕组产生磁作用，而对ME型交流发电机来说，是指对电枢的内部阻抗产生作用。

至于调节本身，如果直流发电机是通过振动触头或电子部件对预先调节装置产生作用，那么这种调节程序和ME型交流发电机的调节程序完全相同。不过，说"调节"对"预先调节"起作用，是令人费解的，我们似乎应该反过来说，或者援引"后调节"这样一个术语。实际上很难说哪个作用在前，哪个作用在后，因为它们是在闭合回路中接连进行的。对饱和线圈发生的作用影响电压，电压又影响调节器，调节器又影响线圈，如此循环不止。对于E型交流发电机的可控硅和调节器来说，情况也是如此。

另外一个关于磁电抗器的注意事项是：当电枢上串接这样的可变阻抗线圈之后，是否真的不会造成能量浪费。当用高压直流电为低压蓄电池充电时，饱和线圈是否真的不象我们所引进的电阻那样发生作用。饱和线圈圆满地解决了电流强度的调节问题，但不可否认，它以热消耗的形式造成了能量的浪费。而如果采用电抗器，问题就完全不一样了。要知道这个阻抗是电抗器的电感系数和欧姆电阻之和，还知道只有欧姆电阻变成卡路里(热量)，因此只有它使电能作无益的扩散。至于电感系数，它将电能转换成无功能量，当电流增大时，无功能量被吸收，而当电流减弱时，无功能量又重新出现，除了磁滞和傅科(Foucault)电流所造成的能量损失外，

再无别的能量损失。前一种损失对于软铁芯来说很小，后一种损失可通过电气技术来限制。至于焦耳效应造成的能量损失，那是很小的，因为所采用的电阻是一种特殊电阻。

1972年制造的型号

1972年生产的交流发电机有4种型号，它们都是带热补偿的E12V单相交流发电机，功率分别为300W和150W两种。以区别一般型号和船用的型号。一般特性如下：

这种交流发电机是一种用永久磁铁励磁的单相交流发电机，用来匹配负载为12V、负极接铁的设备。

电流由硅控制二极管整流，并根据蓄电池电压进行调节，所采用的调节器是涂有环氧树脂的内装式电子调节器。

制造特点：

定子由层状材料构成，上面是电枢绕组。接铁绝缘用的是环氧树脂。铜线上涂有双层合成瓷漆。绕组事先在绝缘树脂中浸透。转子由铸铝压制而成，上面安装有永久磁铁，转子轴由深槽球轴承支撑。最大转速为13 000～15 000 r/min。

端盖也是由铸铝压制而成，并经过化学氧化处理，用于海上的交流发电机的端盖还涂有专用油漆。其中一个端盖支撑固定板，另一个端盖在内部支撑控制二极管和调节器，在外部支撑充电接线柱和励磁接线柱。

风扇亦由铸铝压制而成。皮带轮由钢板制成，固定在风扇上。

300W的交流发电机的总重约为2.8kg，150W的约为1.8kg。

图150是150W的交流发电机的尺寸图，300W的长度可由65和88mm分别加大为83和106mm。

电特性：

额定电压为12V，负极接铁。调节器的标定电压为14V（±0.3V），相应的充电电流为2A。

热补偿是由接在调节器内部的静态装置来实现的。它使调节电压随环境温度的变化（－25至50℃）而变化。

调节器约消耗0.1A的电流。在转速为 10 000 r/min时，300W 的交流发电机的充电电流约为 26A，150W 的约为15.5A，相应的蓄电池电压为13.2V。

用途：

由于采用的是永久磁铁激磁和纯电子调节器，这种交流发电机特别适合在爆炸作业较多或灰尘弥漫的环境中工作。

十七、德尔科·雷米(DELCO-REMY)(G. M.)晶体管调节器

调节器的电子元件

电子元件有二极管和晶体管。二极管有两根连线，晶体管有3根连线。无论是二极管还是晶体管都有令人惊讶的特性，而且与普通的半导体的特性大不相同。这种元件具有奇妙的特性，构造简单但又难以制造，我们只能把它们看作是一种配备有接线柱的特殊导体，因此仅需了解它们的图示法、使用方法和工作性能。

图151是二极管的图示法。A．三角形箭头表示电流在弱工作电压下流动的方向。图中的曲线清楚地说明了二极管的工作情况和特性。B．表示通过二极管的电流随连线之间的电压而变化的情况。正方向即直接流的方向，也就是三角形箭头所示的方向。负方向，也就是反方向电流，即与箭头所示的方向相反。

曲线中有两点需要说明如下：

(1)对于正向电压来说，电流强度要比电压增加得快，也就是说，当电流强度或电压增大时，表观电阻迅速减小。

(2)若电压为反向电压，那么当电压增大时，电流首先明显地停于零位，因为二极管起关闭阀的作用。随后，当电压达到一定值时(该电压取决于半导体的构成，通常称为"击穿电压"或"齐纳电压")，电流强度猛地一下增大，就象阀门

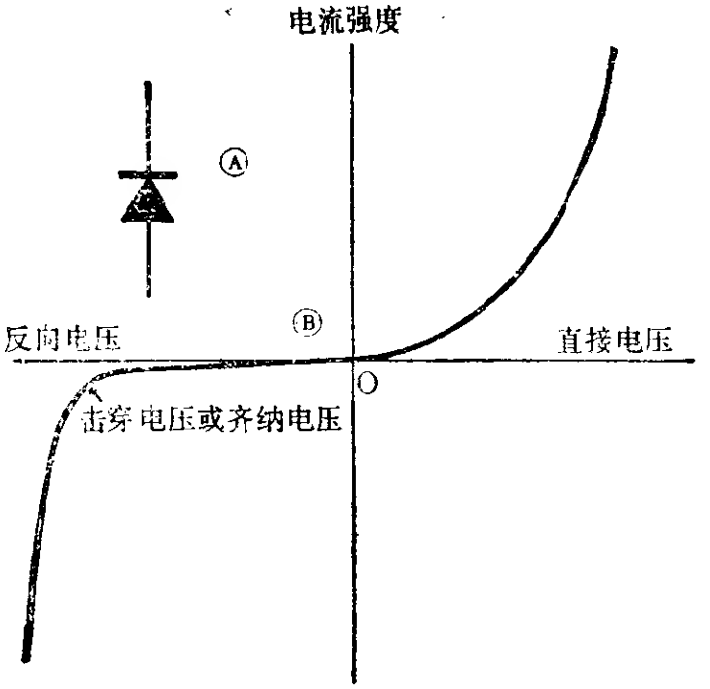


图151　二极管的图示法(A)及其特性曲线(B)

打开后冲破了所有阻力似的。

这种电流的突然释放，使改变了方向的二极管完全有能力指出此时的准确电压。

图 152 是晶体管的图示法，晶体管有三根连线，或者说三个电极，每个电极的作用均不相同，应该加以区分：

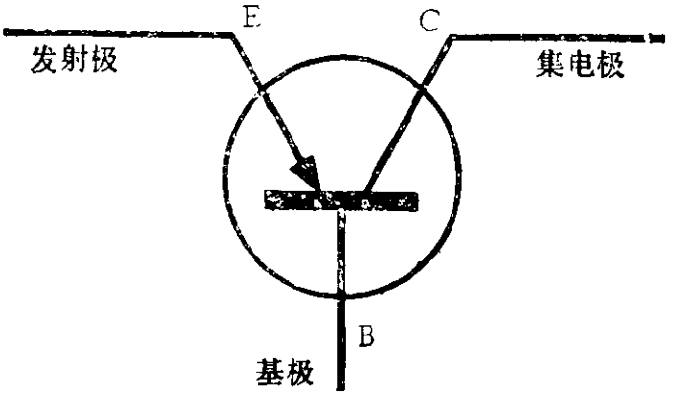


图152　晶体管的图示法

——发射极E，与发电机的正接线柱相连；

——集电极C，电流从此出发通往使用设备；

——基极B，与发射极-集电极的电流量调节系统相连。

在此需明确这样一个概念：晶体管等于一个阀门，其输入是发射极，输出是集电极，通过它们的电流量和基极导线允许通过的电流一样大。切断基极电路中的电流，也就会切断主电路的电流，“锁闭”晶体管就会使它的表观电阻变得非常大。

晶体管调节器的原理

晶体管调节器与普通振动式调节器相比，可算是革新的，尽管前者既没有电磁铁也没有振动触头，但也可以说它们是兄弟关系。为了弄清它们的亲缘，需要讨论一下。先看图153中的振动触头调节器，可以看到它的两个主要部件：

——阀门，在其开口处接有一个电阻；

——调节器的电磁铁，它随电压变化而作用于阀门。

晶体管调节器中有两个电路：

——接在磁场绕组电路中的晶体管电路上，它与一个按电流方向接线与二极管相串联。

——另一个晶体管电路，它按反向（电流）接线与二极管

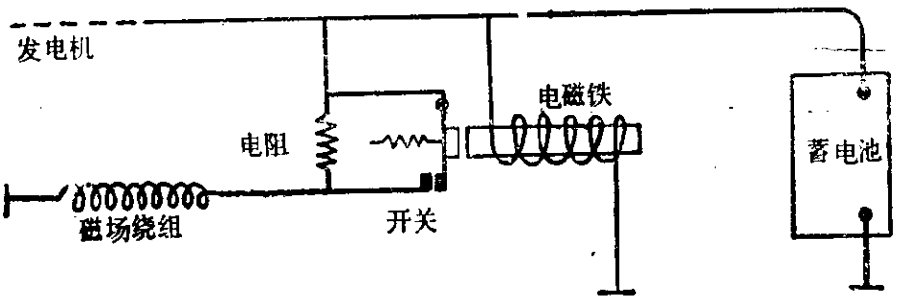


图153　振动调节器线路图

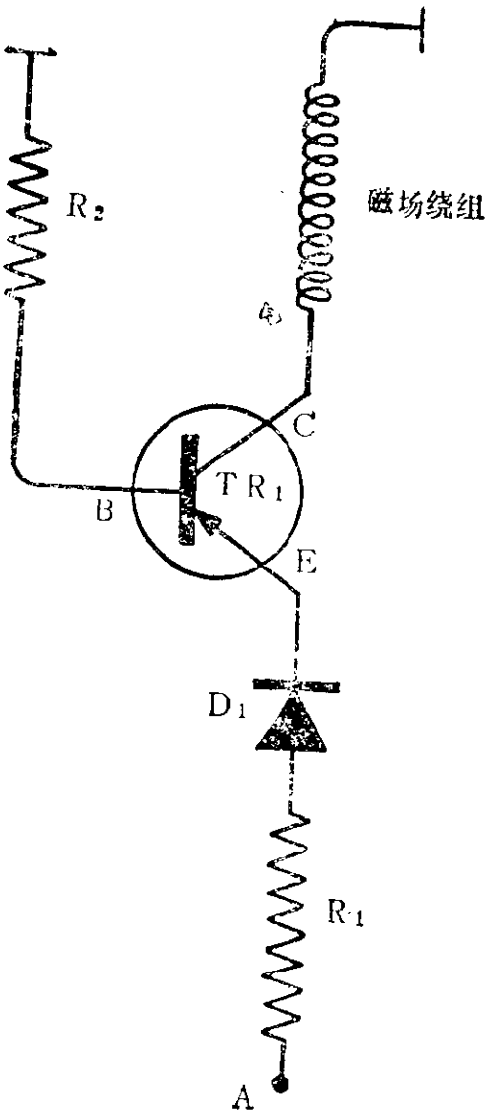


图154　磁场绕组电路

(稳压二极管)相串联，当稳压二极管达到击穿电压时，也就是说当设备电压超过调节电压时，该电路切断第一个晶体管的基极电流。

下面选择德尔科·雷米晶体管调节器，并对这种调节系统作一简介：

——磁场绕组电路；

——根据电压进行调节的电路；

——上述两电路的连接；

——一般工作情况；

——某些改进；

——总组装。

磁场绕组电路

如图154所示，该电路从蓄电池正接线柱（相当于整流电流的接线柱）出发，然后经过：

——电阻 R_1，二极管 D_1，晶体管 TR_1 的发射极E；

——到达晶体管 TR_1 以后，又出现两个电路，第一个电路是前面那个电路的延伸，它从集电极C（这个集电极和直流发电机的集电极无任何联系）出发，通过一个电刷和滑环（图中未标出）到达磁场绕组，然后通过另一个滑环和电刷接铁；

——第二个电路从晶体管 TR_1 的基极出发，通过电阻 R_2，然后接铁。

根据前面讲的有关晶体管的特性，只有当基极中有电流通过时，电流才能进入磁场绕组。

这样一来，如果通过切断基极电路，或使它短路来阻止电流从基极通过，就可以实现普通调节。当然，切断基极电路或使它短路的方法不是机械办法，否则，这个调节系统就不完全是电子式的了。

电气技术员乍一看也许不了解电路中的那个二极管的作用。实际上，这个二极管是"负偏压"二极管，它可以切断基极电流而不会发生任何断电现象，稍后再来解释这一现象。下面要明确的是：若进行调节时的蓄电池电压为14V左右，图 154 中A点的电动势亦为14V，因为这时接地线的电动势等于 0。当电流进入磁导体时，R_1 与 D_1 之间的电动势基本上还是14V，但在 D_1 与E之间就只剩下13V了，这 13V 的电动势将在充电损失的作用下逐步消失在磁场绕组中或电阻 R_2 中，因为这两个导体是相并联的。晶体管中的充电损失很小。电动势在图 154 中用标有圆圈的数字表示。

根据电压进行调节的电路

这个电路和前面讲的那个电路有一些共用的元件。但还是分开来加以叙述，必要时也使用前面电路中的元件，它们的符号完全相同。如图 155 所示，调节电路包括如下元件：

——电阻R，它接在蓄电池-交流发电机的连线与接铁之间。该电阻是逐步产生电动势损失的元件，如从14V降为0。

——第二个晶体管 TR_2，其发射极-集电极电路接在电

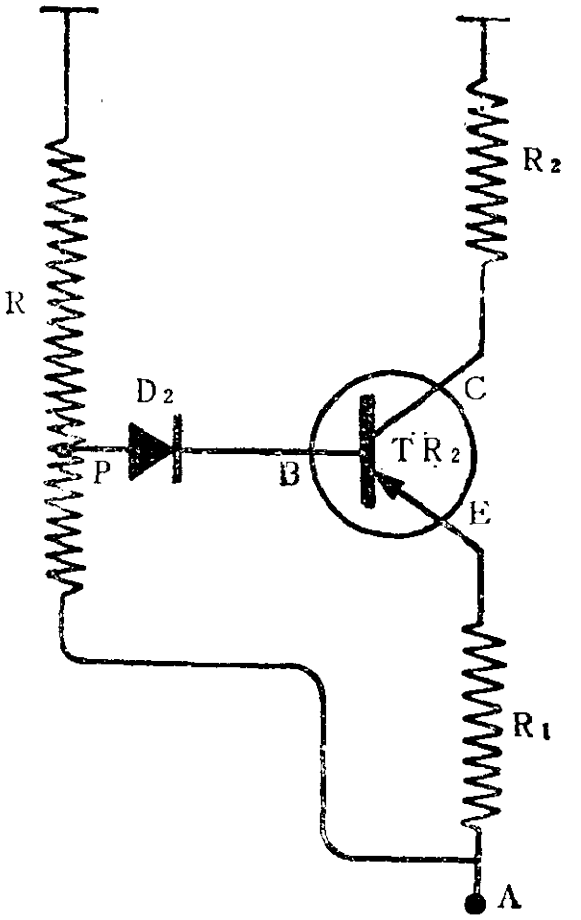


图155　根据电压调节的电路

阻 R_1 与电阻 R_2 之间，这两个电阻已在前面讲的 TR_1 的电路中出现过。TR_2 电路与二极管 D_1 及晶体管 TR_1 的发射极-基极电路所组成的回路相并联，如在图 156 中见到的这种并联情况。

——一个叫做“渡线”(bretelle) 的电路，它通过二极管 D_2 使 TR_2 的基极与电阻R上的P点相连。这个二极管就是前面已讲过的那个稳压二极管，它的峰值与可能经过 R_1、TR_1 及其基极的电流相反。

电流流动情况如下：不管怎样，R中总是要求保持电流，它使调节器的接线柱A与接铁之间的电势逐步下降，特别是使A与P之间的电势逐步下降。这样，就会产生一定的蓄电

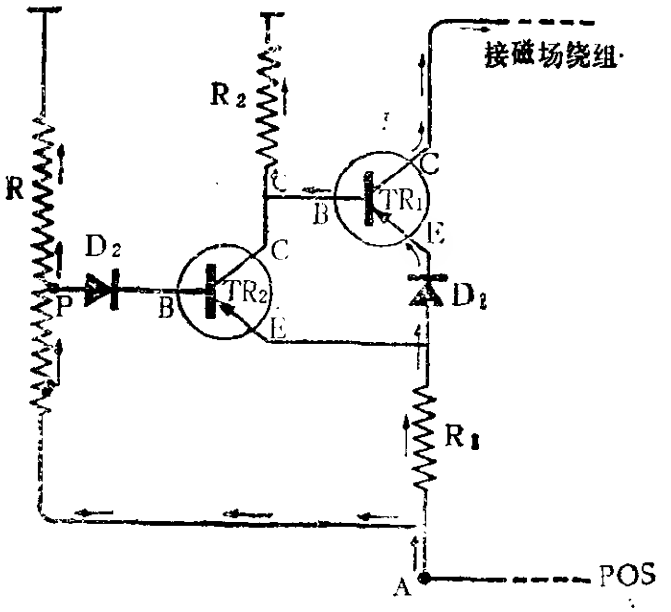


图156　第一次一般工作期间和电路连接

池电势或交流发电机的电势，该电势决定A和P之间的电压，并使这个电压与稳压二极管 D_2 的击穿电压相等。当A的电势小于该值时，没有任何电流能通过 R_1、TR_2 和 R_2。

若A的电势增大，则P的电势亦增大。若A和P之间的电压达到了击穿电压，则电流通过 TR_2 的基极，同时也通过 TR_2 的发射极-集电极电路，并通过 R_2 构成接地回路。正是利用A与 R_2 之间的电势联系，使 D_2 对磁场绕组电路发生作用。因此，可以说二极管 D_2 就是调节电压的指示器，它的特性是事先就为调节作用而确定好了的，由晶体管 TR_2 来实现。

连接与一般工作情况

将图154与图155的电路连接在一起，就构成了图156的电路网。R_1 与 R_2 是两个电路的共用元件。A是晶体管调节器的接线柱之一，POS是连接蓄电池或整流器的正接线柱的导线。

首先从低电压，也就是交流发电机的低转速来说明调节过程。电流用箭头表示。这时稳压二极管 D_2 中没有电流，因此 TR_2 中也没有电流。

当转速增大时，电压升高。图 156 中所示的所有电流的强度随之增大，各点的电势亦增大。二极管 D_2 需等一段时

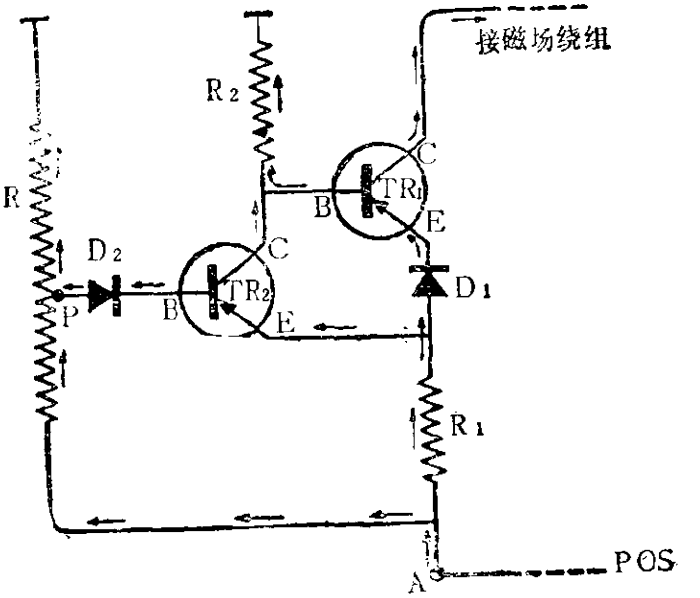


图157　第二次一般工作时间

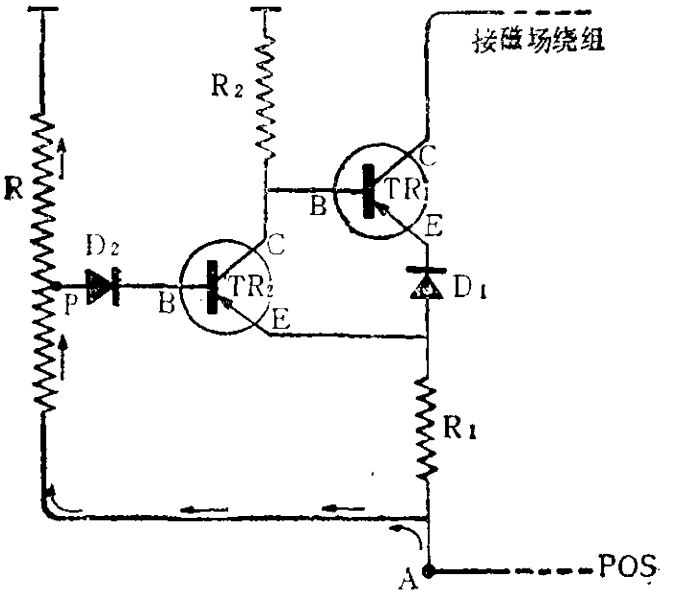


图158　第三次一般工作时间

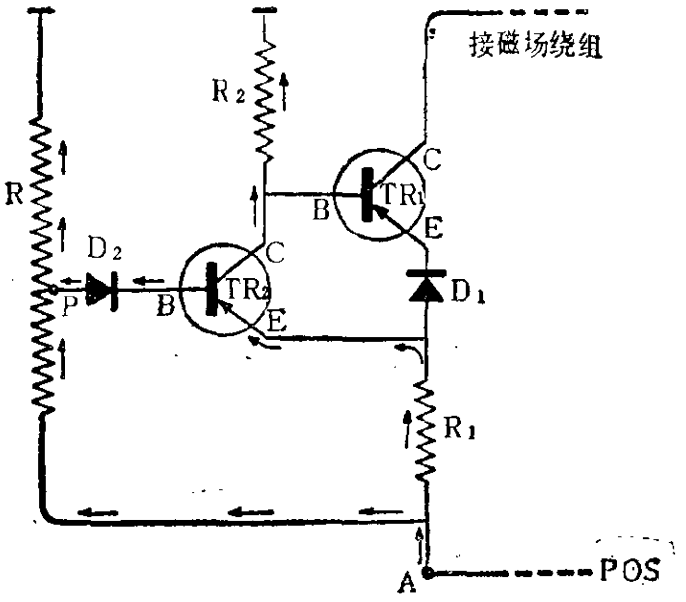


图159　第四次一段工作时间

间才能达到其击穿电压，电流此时的流动情况如图157所示。

TR_2的发射极-集电极的电阻可忽略不计，至少要低于D_1与TR_1的电阻。R_2起点的电势等于R_1输出端的电势，因此它要高于TR_1的发射极E的电势。由于D_1-TR_1基极电路两端的电位差发生颠倒，该晶体管基极的电流自行取消，TR_1发射极与集电极之间的电路被切断，也就是说磁场绕组电路被切断（见图158）。这就是说二极管D_1是"负偏压"二极管的原因。换句话说，TR_2是通过使TR_1的基极电路短路而发生作用的。

若电压下降，则D_2阻止电流通过，TR_2锁闭（见图159），TR_1解锁（见图156），因为其基极电流重新出现。当电压随磁场绕组的电流升高时，上述现象又重新开始。

图156、图157、图158和图159分别代表四个工作时间所发生的情况。

某些改进

德尔科·雷米晶体管调节器有好几项重大改进，这些改进决定了调节器的外形，下面用图160来说明这些改进：

（1）根据一般规律，磁场绕组电路中的电流发生（电子）中断，就会产生危险的自感应电流。在磁场绕组上并接一个放电二极管D_3，就可以让这些电流通过而毫无危险，由于该二极管并接在磁场绕组上，故它只允许磁场的放电电流通过；

（2）电阻 R_1 和电容 C_1 可使磁场绕组的电压产生波动的时间减少到最低限度；

（3）电容 C_2 可减少位于 A、P 之间的电阻两端的电压变化，从而使 D_2 的调节更加准确；

（4）电阻 R_3 可避免发射极的电流通过集电极“泄露”到晶体管 TR_2 中；

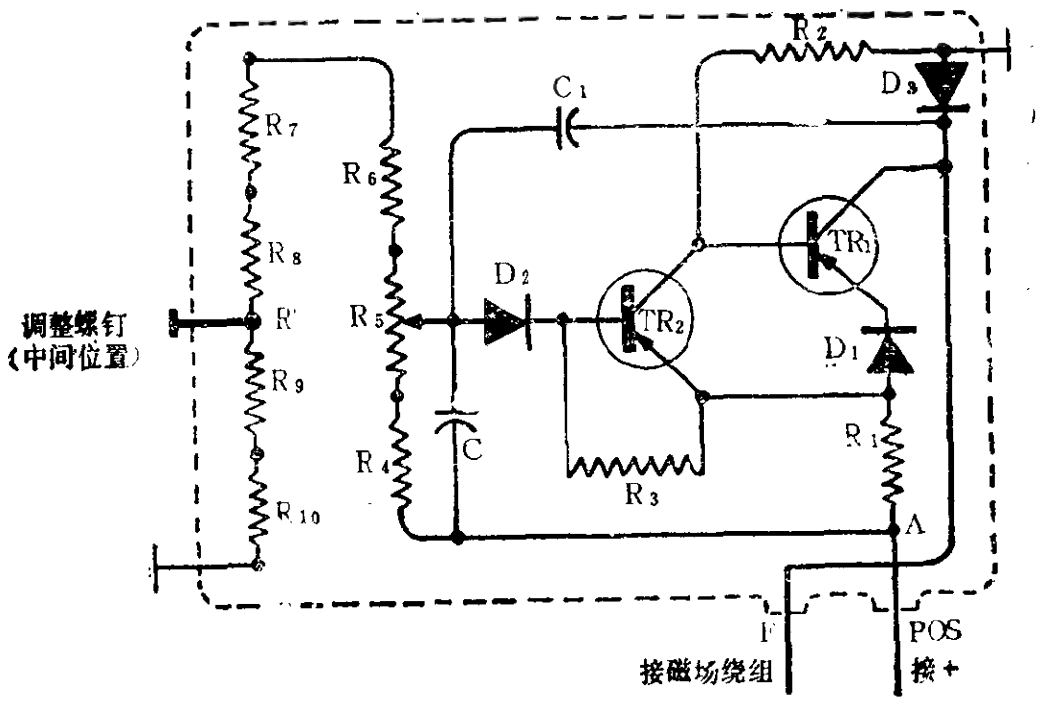


图160 德尔科·雷米晶体管调节器的线路图

（5）最后，制造厂家为了实现各种可能的调节方式，将电阻R分成7段串联在一起，如图160所示，这些电阻为R_4至R_{10}，它们可用来实现如下两种调节：一是在调节器外部进行调节，方法是在调节器底座上的不同位置上，移动一个可使电阻R_7至R_{10}的两端接铁的螺栓。另一种调节是内部调节，方法是移动连接稳压二极管与电阻R_5的某一变化点的游标。显然，移动游标或螺栓，都会改变电阻R前后两部分之间的电压分布情况，从而使二极管D_2经受可变电压，使它能在各种电压高度上进行调节。前面那部分的电阻越小（相对于整个电阻R而言），起动稳压二极管的电压就越高，因此电流也就越大。

总 组 装

图161是匹配有这种晶体管调节器的交流发电机的总线

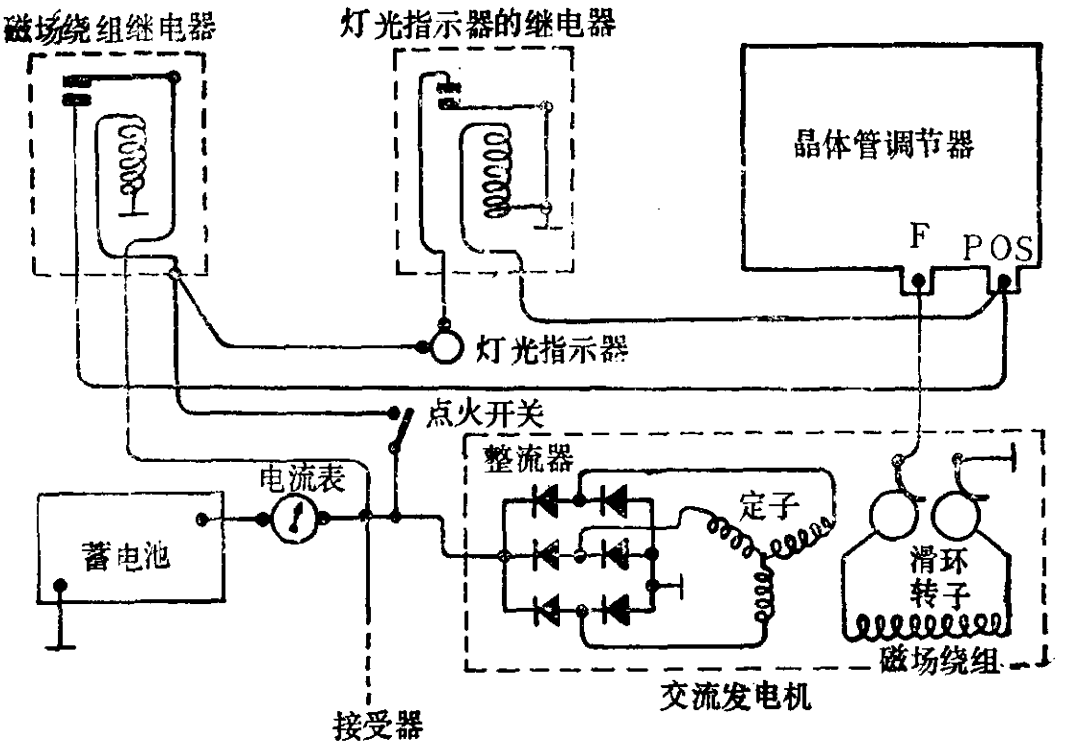


图161 带有德尔科·雷米晶体管调节器的交流发电机的总线路图

路图，图160中的调节器在图161中仅用它的两个接线柱表示，在图161中见到的其它部件是：

——交流发电机，其中只标出：定子、整流器、转子及其磁场绕组、滑环与电刷；

——蓄电池；

——磁场继电器(点火时可接通磁场绕组电路)

——指示灯继电器，该指示灯点火时发亮，电压升高即充电开始后熄灭。

图162是取下了外壳的总成图。

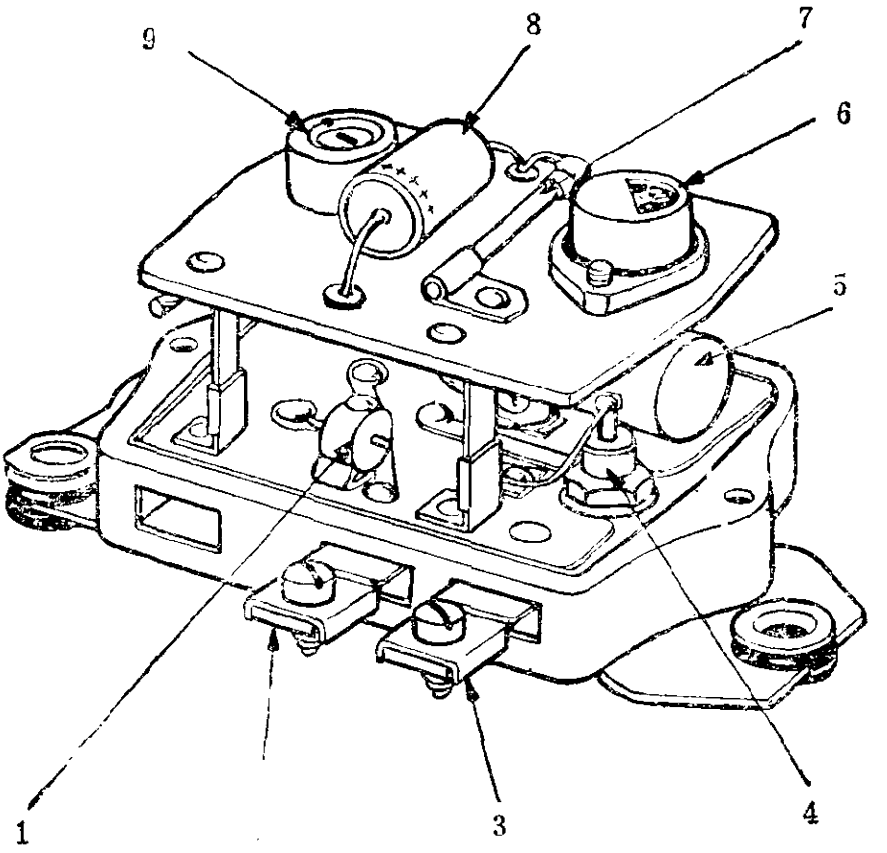


图162　取下外壳的调节器总成图

1.二极管D_3；　2.接线柱F；　3.接线柱POS；　4.二极管D_1；　5.电容器；　6.控制三极管；　7.电阻；　8.电容器；　9.电阻 R_3(电位计)

十八、匹配有炭精调节器的德尔科·雷米交流发电机

总 组 装

图163是这种交流发电机的总装图，可在该图中看到如下部件：

（1）交流发电机。它包含一个固定电枢（或定子），呈三相星形连接（德尔科·雷米的其它电枢呈三角形连接），和一个转动的磁场绕组。磁场绕组的特点是有两个线圈，从而有3个滑环及其电刷，因为接地的滑环是公用的。线圈中有一个产生主磁通量，另一个是对抗的调节器线圈。在后面将会谈到这个线圈，但需指出，磁场绕组的接线柱3与调节器相连，而对抗电路则直接与整流电流接线柱相连。

（2）整流器。它有两个二极管组，一为交流发电机的功率整流二极管组，主要用来整流发电机送往蓄电池和用电设备的电流。另一为继电器整流二极管组，安装在交流发电机外部，其作用是为一个相当于开关的继电器供电，在后面将解释这个继电器。二极管通常呈三角形联接，三角形顶点指示电流能够传导的方向。由这两个整流二极管组所组成的两个整流器并接在三相绕组的三个端上。

（3）炭精电阻调节器。它包括三个元件，其中只有一个是真正的调节器（我们知道直流发电机的调节器一般都包含

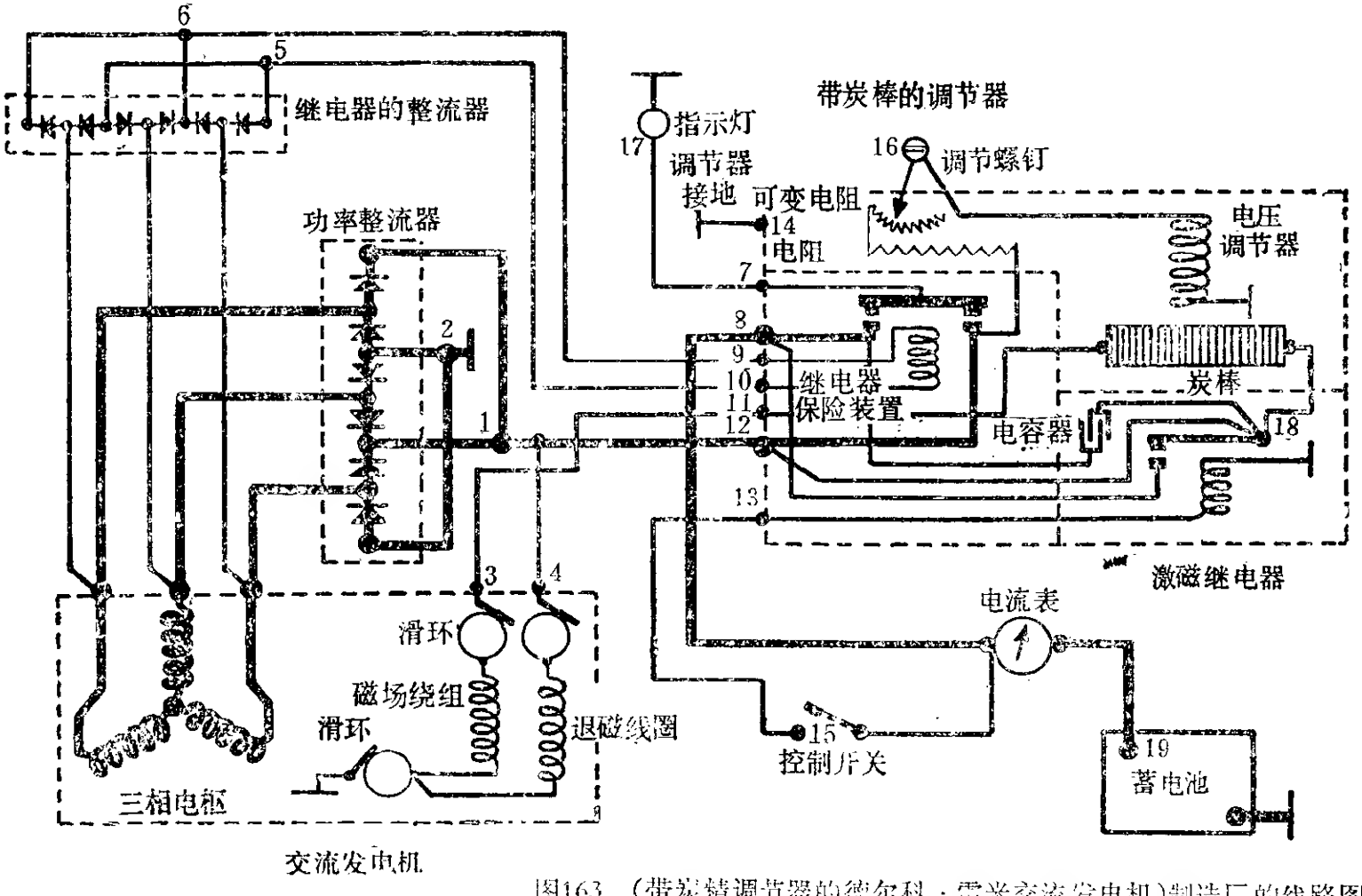


图163 （带炭精调节器的德尔科·雷米交流发电机）制造厂的线路图

一个开关)，这3个元件是：

a. 励磁继电器。它包含一个触头式衔铁（该衔铁的对抗性弹簧是一个弹性铰链），一个电磁铁(该电磁铁通过一个控制开关供电)和一个电容(它用来限制断路火花的产生)。

b. 自动开关继电器。它包含一个衔铁（该衔铁可以接通交流发电机和蓄电池之间的双触头），一个回位螺旋弹簧和一个电磁铁（该电磁铁由继电器的整流器的接线柱5和6供电)。这个装置恰好相当于直流发电机的开关。

c. 电压调节器本身。它包含炭精电阻，一个由整流电压供电的电磁铁和一个回位弹簧。弹簧压缩炭精，减弱其电阻，而电磁铁却要减弱弹簧压力，增大其电阻。电阻随电压而增大，然后又制止其增大。

(4)其他附件中应列出的：

a. 控制开关。它的作用是：要使发电机投入工作时，将蓄电池电流送往交流发电机的励磁电路；

b. 指示灯。它在充电时发亮。

总线路图

图163是匹配有炭精电阻调节器的德尔科·雷米交流发电机的制造图，该图的优点是指出了各装置、各接线柱和各电路彼此之间的确切位置，但也有一个缺点，就是电路错综复杂，不容易看清楚。图164是由图163简化而来的原理研究图，该图既包括所有装置、接线柱和电路，又不用仔细寻找就能一眼看出各电路的连接情况。图164中的数字仍代表图163中的各个接线柱。下面就以图164作依据分别研究一下各装置的连接情况。

交流发电机——仅用它的接线柱来表示。可在图中看到

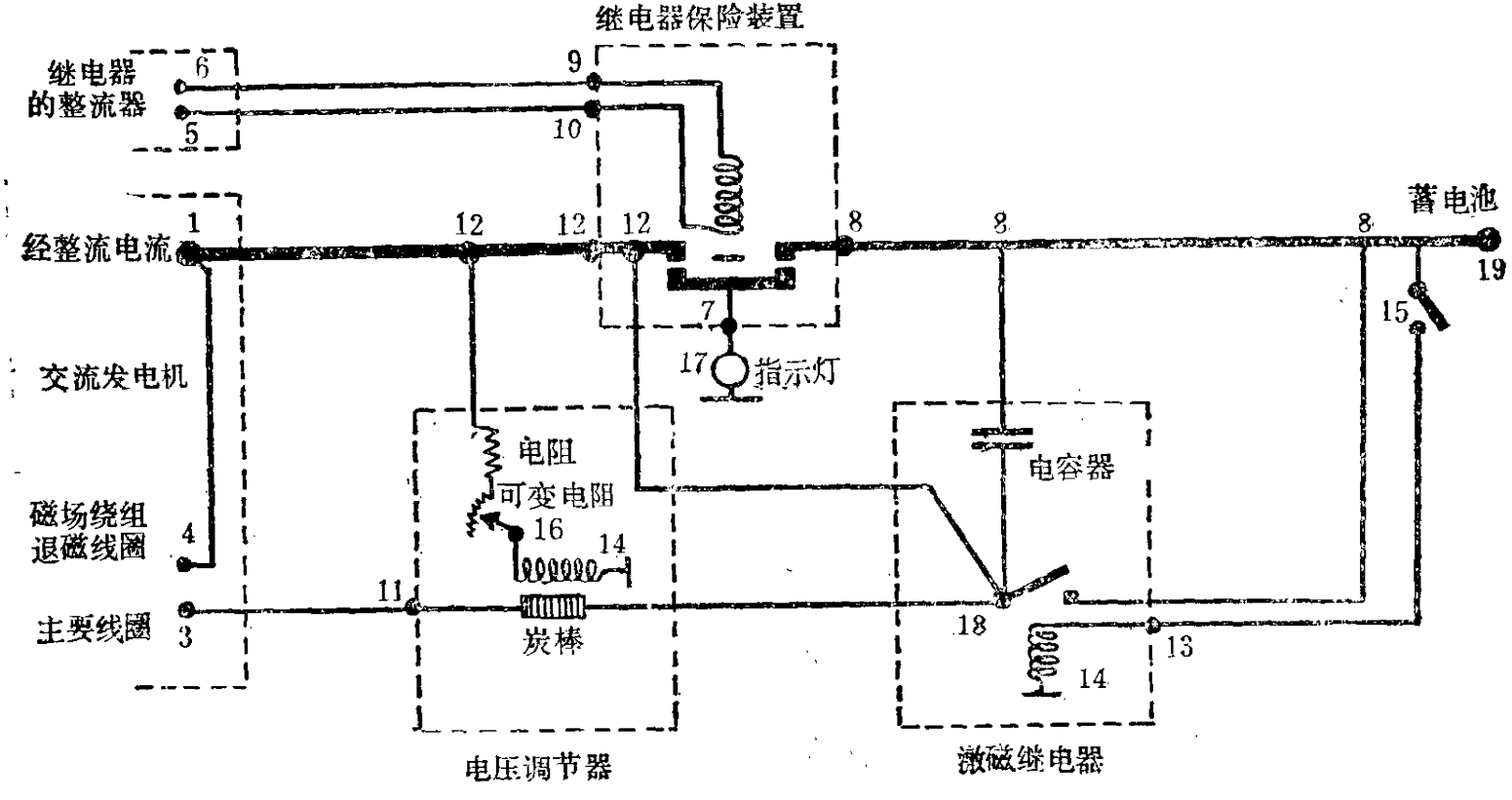

继电器保险装置
继电器
的整流器
6
5
9
10
蓄电池
经整流电流
1
12
12
12
8
8
8
19
15
7
17
指示灯
交流发电机
电阻
可变电阻
16
14
电容器
磁场绕组
退磁线圈
4
11
主要线圈
3
炭棒
18
13
14
电压调节器
激磁继电器

图164　研究线路图

磁场绕组的对抗线圈直接与接线柱 1 相连，而主线圈则要通过连接点 11、18 和 12 才能与整流电流的接线柱 1 直接相连。

整流器——图 165 中 I 的整流器就是图 163 中的继电器的整流器，它们与图 165 中 II 的普通整流器没有什么不同。

励磁继电器——该继电器由电路15-13-14供电，它可以通过线路3-11、炭精电阻以及18闭合主磁场绕组电路。磁场绕组在交流发电机工作之前即由蓄电池供电，因而可通过线路8-18使发电机迅速起动。开关15在停车之前断开可以阻止蓄电池向磁场绕组放电。继电器的电流回程通过接铁来实现，首先通过调节器接铁，然后通过车辆接铁。

自动开关继电器——在图 164 中清楚地看到自动开关的作用。它的作用也就是炭精电阻的作用，因为我们讲的这种汽车交流发电机没有自动开关。要记住，尽管整流器只允许电流按一个方向通过，但这并不是绝对如此。为了避免无用的反回电流进入某个装置（该装置会使此无用的但不可忽视的电流发生作用），制造厂才引进了这个继电器。必须指出，由于一定要给一个电磁铁供电，因而就要使用一部分整流电流，该整流电流标志交流发电机的电动势。不需要使用直流电设备的那种粗线圈，那种粗线圈只是为切除直流发电机的全部电源而发生作用，因为只使用细线圈，这种切除就得不到保证。还要注意，为了保证操纵准确性，将不使用接铁回流为电磁铁供电。至于指示灯，它由电路7-17供电，当充电时，指示灯发亮。其原理与直流发电机的大部分指示灯完全相反，因为后者在进行充电时熄灭。

调节器——如前所述，这种炭精电阻调节器有三个元件

组成，其中电压调节器本身又包含一个电磁铁和一个可变电阻线路。但当其他两个元件的可变电阻为0或无限大时，根据炭精压缩情况，可变电阻值就会有规律地逐步增大或减少。可以看到，当控制开关闭合时，此电路通过蓄电池供电。

电磁铁线圈与两个电阻相串联，这两个电阻本身也互相串联在一起。其中一个电阻是恒值的，即所谓“镇流电阻”，它在测定电路时起作用。另一个电阻是一个小变阻器，其电阻值可通过一个小螺栓进行调节，该螺栓位于调节器盒的外部。

炭精电阻释放出来的热量，通过一个铝质特别散热器散发到外部。

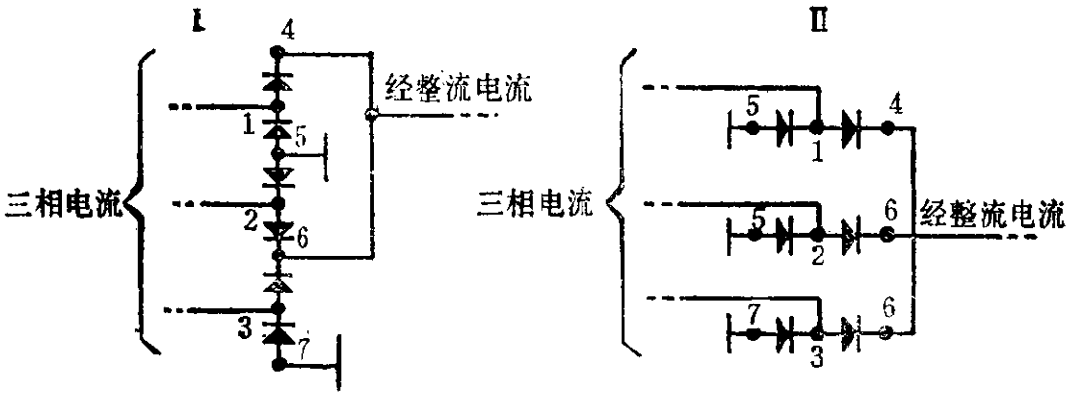


图165　相同的三相整流器的两种等值表示

十九、在法国制造的德尔科·雷米交流发电机的说明、拆卸、检查和试验

说　明

这种发电机是按传统方式设计、带有定子和爪式转子，并匹配有整流器和集成电路调节器的交流发电机。

图 166 为这种交流发电机的外观图(从接线柱侧看)，图167中接线柱侧的驱动端端盖已经取下可从图中看到整流桥，

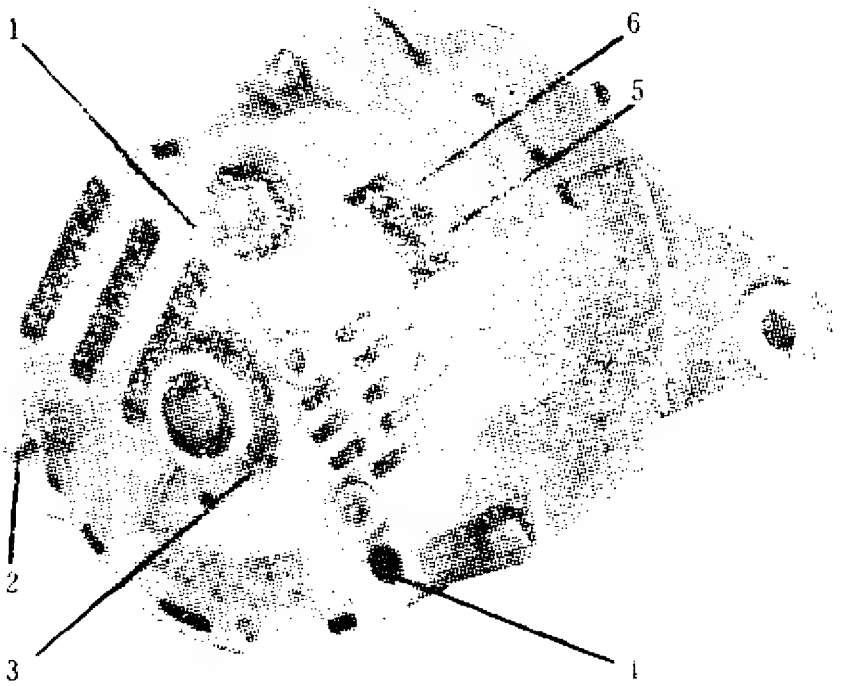


图166　德尔科·雷米交流发电机

1.正接线柱；2.负接线柱；3.电刷装配卡销；4.检验孔；5.电压探测接线柱；6 指示灯接线柱

磁场绕组的供电三个一组的二极管，电刷架和调节器。图 168 所示的是转子及其滑环，转子安装在传动一侧的端盖中，图中还可看到它上面的风扇和皮带轮。图 169 所示的是定子及其三根输出线。其它图示将在叙述拆卸时谈到（主要是图 177）。

图 170 是这种交流发电机的电路图，其一般特性如下：

——3 相；

——14个极；

——调节电压 14V；

——按顺时针方向旋转；

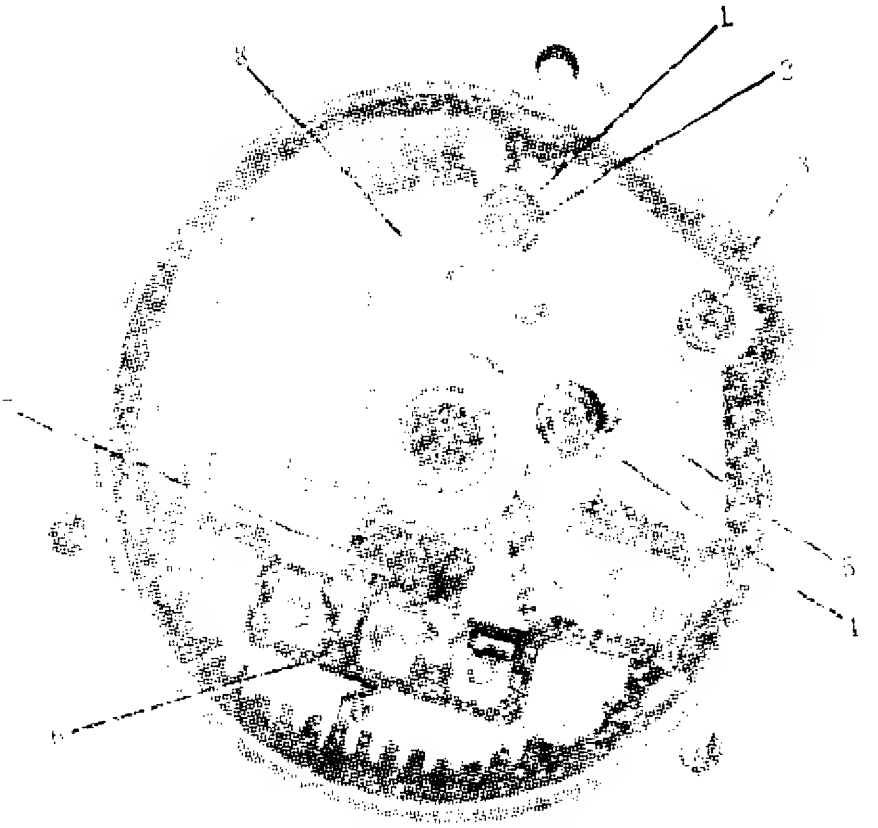


图167　接线柱一侧的端盖拆去后的德尔科·雷米交流发电机

第 2 螺钉(固定刷架、调节器的螺钉)；2.隔绝垫圈；3.第3螺钉(调节器的螺钉)；4.第 1 螺钉（固定刷架，调节器的螺钉)；5.调节器；6.壳体整流桥；7.三个一组的二极管；8.电刷架

图168　装在传动一侧的端盖中的转子，可从中看到风扇和皮带轮

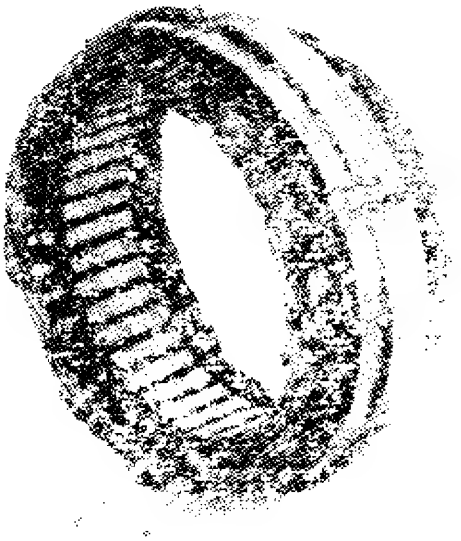


图169　定子及其 3 根导线

——负极接铁。

拆卸前的注意事项

图 171 是该交流发电机的拆卸示意图，拆卸时需：

——断开蓄电池；

——取下接线柱“LAMP”和“BAT”的连接器（见图 166 和图 171）；

——断开与“＋”、“－”接线柱相连的导线；

——拧松两个螺栓，放松传动皮带；

——取下传动皮带；

——拆卸螺栓和交流发电机。

拆　　卸

拆卸时使用图 172 所示的工具：

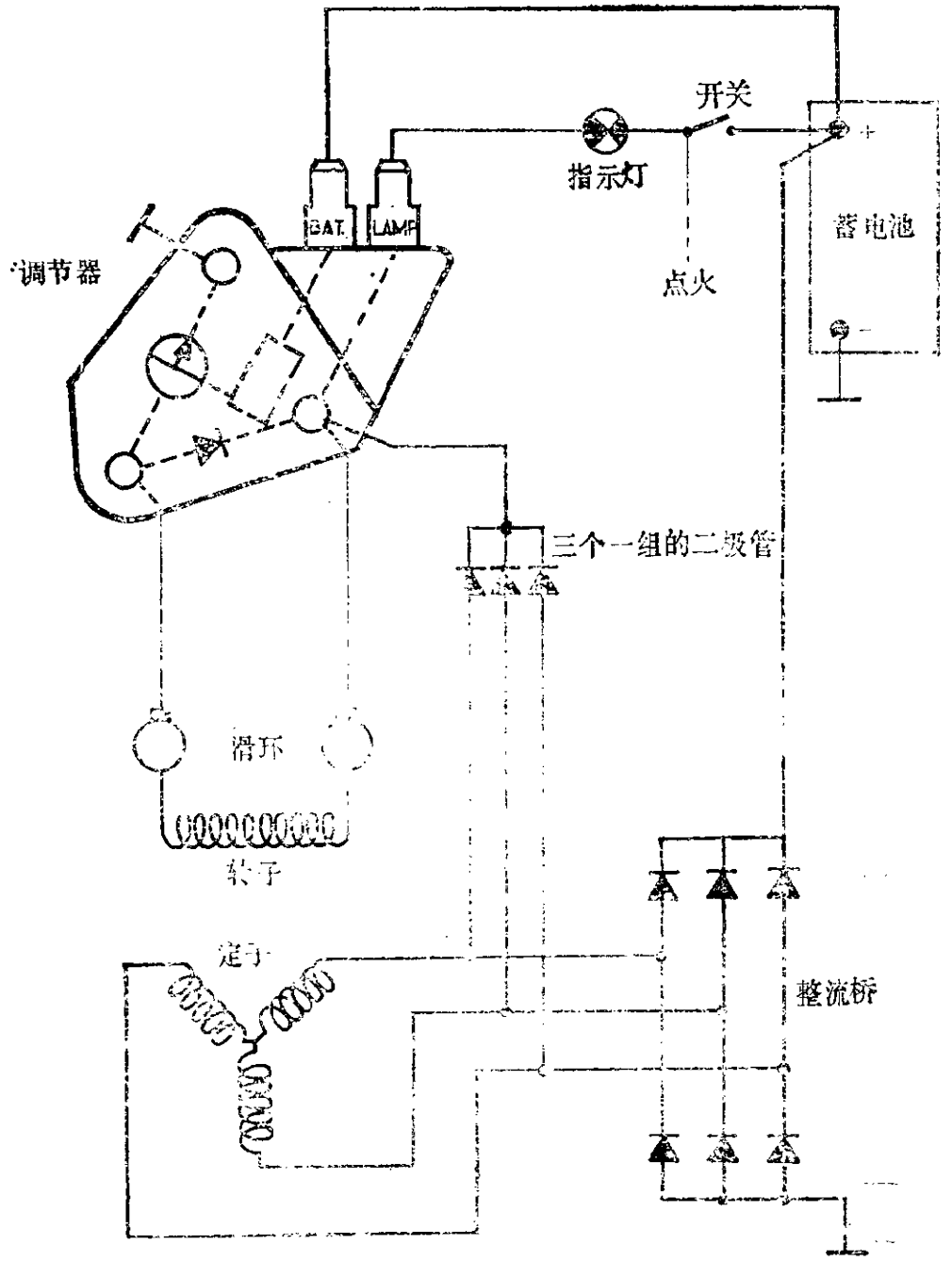


图170　德尔科·雷米交流发电机的电路图

——8mm，10mm 和 24mm 的扁开口扳手；

——7mm 的套筒扳手；

——8mm 的六角扳手或组装传动皮带螺帽的专用扳手；

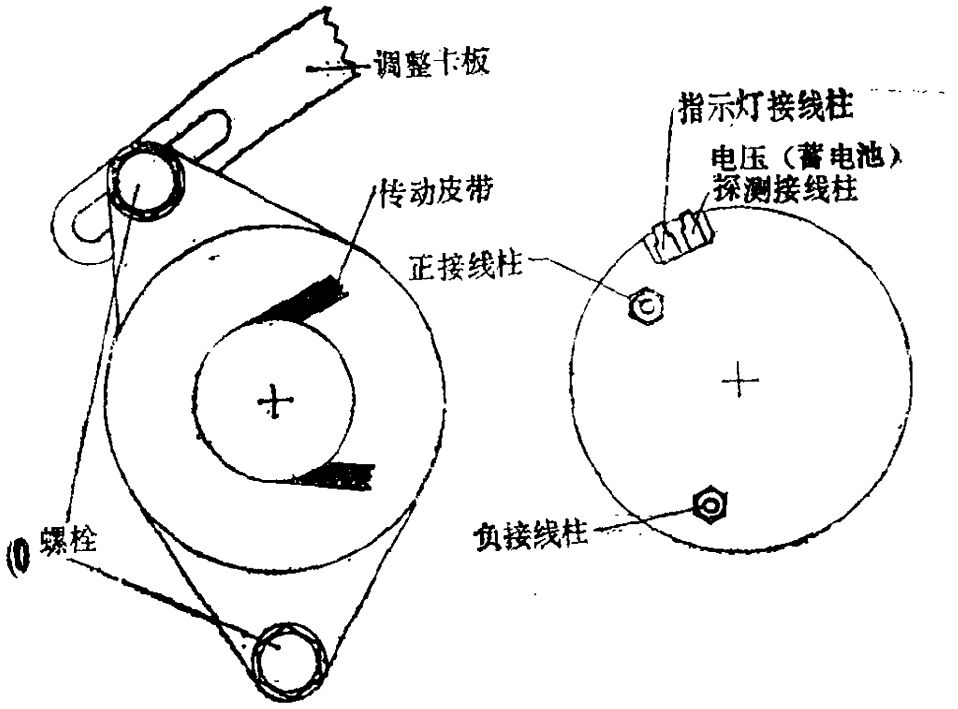


图171　交流发电机拆卸图

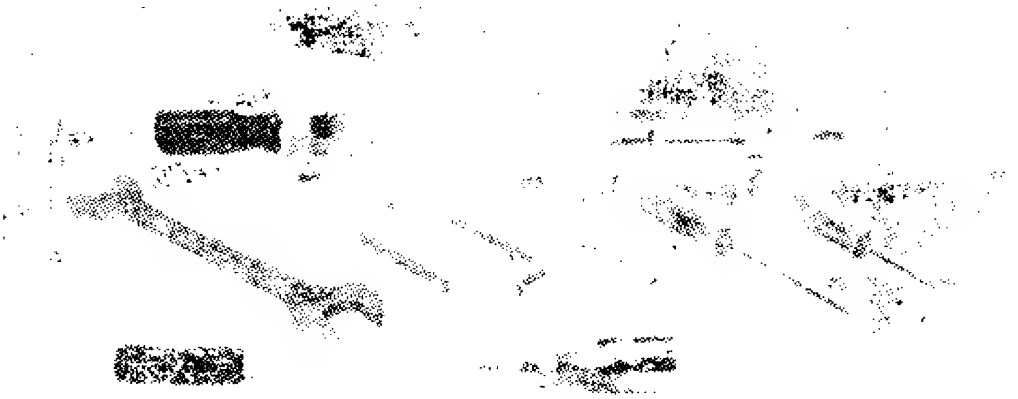


图172　交流发电机拆卸工具图

——普通螺丝刀；

——十字型螺丝刀；

——扭力扳手：54～81N·m（5.5～8.3kgf·m）。

交流发电机——拆卸前要在两端盖上作记号定位，以便重新组装时能恢复其合适位置。

——拆下3根连接两个端盖的支撑杆。

——分开两个端盖，如图173所示，要用螺丝刀来拆卸，以保证定子留在滑环端的端盖内，因为定子的绕组与整流桥相连。

——在滑环端的端盖中央贴一块胶布，以防灰尘或其他外来物质进入滚针轴承套筒内。

滑环端的端盖——要拆下定子，必须先拆下定子与整流桥相连的输出的三个固定螺钉，并去掉垫圈。

磁场绕组二极管——三个一组的二极管原是通过三个螺栓固定在整流桥上(为了拆去定子已将这三个螺栓拆去)，还通过一个螺钉固定在整流器上。要注意到螺栓头下垫有一个隔离垫圈，没有螺纹的部分已有绝缘包皮。这是为了要使接铁螺栓绝缘，以及使它所固定的并处于正电势下的各元件绝缘。

接线柱和整流桥——取下螺母和垫圈。正接线柱上有一个绝缘管和垫圈，在重新安装时把它们遗漏或使它们受到损坏，都会引起交流发电机短路。

电刷架——它是用两个螺栓固定的，其中一个已拆下，另一个包上隔离包皮并垫有隔离垫圈。电刷能在刷座上自由滑动，并用一个金属线连接，线端则固定在刷架上。更换时要检查电刷长度不应小于7mm。

调节器——它原是由3个螺栓固定在端盖上的，其中两个现已拆下。

滚针轴承套筒——若套筒所储存的滑油已用尽，则套筒必须更换，而不要试图再重新给它加油润滑。若轴承内孔出现损坏，必须连同套筒一起更换。要取出套筒，需用一根套筒板杆对准套筒从外向里推压。如果没有组装压力装置，可

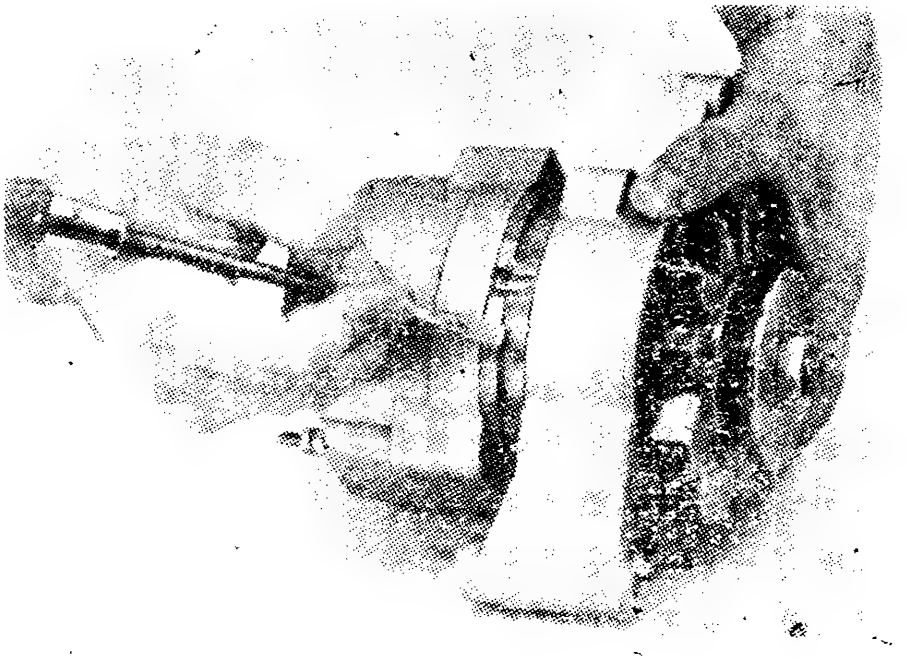


图173　分开交流发电机的端盖

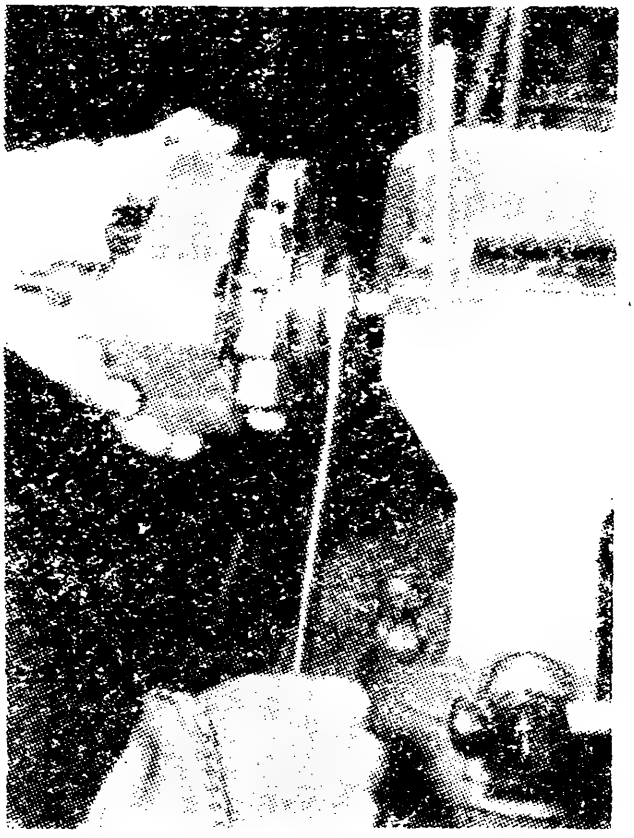


图174　卸皮带轮、风扇和转子

以使用钻头底座，不过要将套筒板杆用夹头夹紧。在安装新滚针轴承套筒之前，需先进行检查，其内孔应处于良好状态，其直径不超过 17.41mm。滚针轴承套筒需用0.4 至0.5g 的滑油进行润滑，此后不必再上油。要安上一个新的密封圈。在操作过程时，需自始至终地注意不要使套筒变形。

传动侧的端盖——要拆卸皮带轮、风扇和转子，需将一个 6 角扳手用台虎钳固定，再将转子轴端放到 6 角扳手中，然后用扁开口扳手拧松并取下螺帽，随之取下弹性垫圈、皮带轮、风扇、轴承隔圈及转子。

如果有一件组装皮带轮螺帽的专用工具（见图175），那拆卸起来就容易多了。只需将此工具插入轴端，然后将一个扳手放在这个工具的六面形上，即可拧松螺帽。

在拆卸皮带轮和风扇时，可以不拆下交流发电机。

滚珠轴承——卸下 3 个固定密封垫套的螺栓，取下密封垫套，将端盖定位，然后用一个套筒板杆取下轴承。在安装新的轴承前，需先检查，其内孔是否处于良好状态，而且其直径不得超过 40mm，否则，要换用新的端盖（连同轴承及密封垫套）。密封垫套孔要注入 1.4 至 1.8g 的润滑油。然后将密封垫套定位，并用 2 至 3.9N·m 的力矩将 3 个固定螺栓拧紧，最后整平螺栓支承面。

重新组装

重新组装的顺序与拆卸顺序相反：

调节器——先检查 3 个固定调节器的凸起部分，上面不能有任何杂质，再将调节器定位，拧紧第三个不带绝缘材料的螺栓。紧固力矩为 2～2.9N·m。

电刷架——先放好导线端头，以避免闭合回路。再将弹

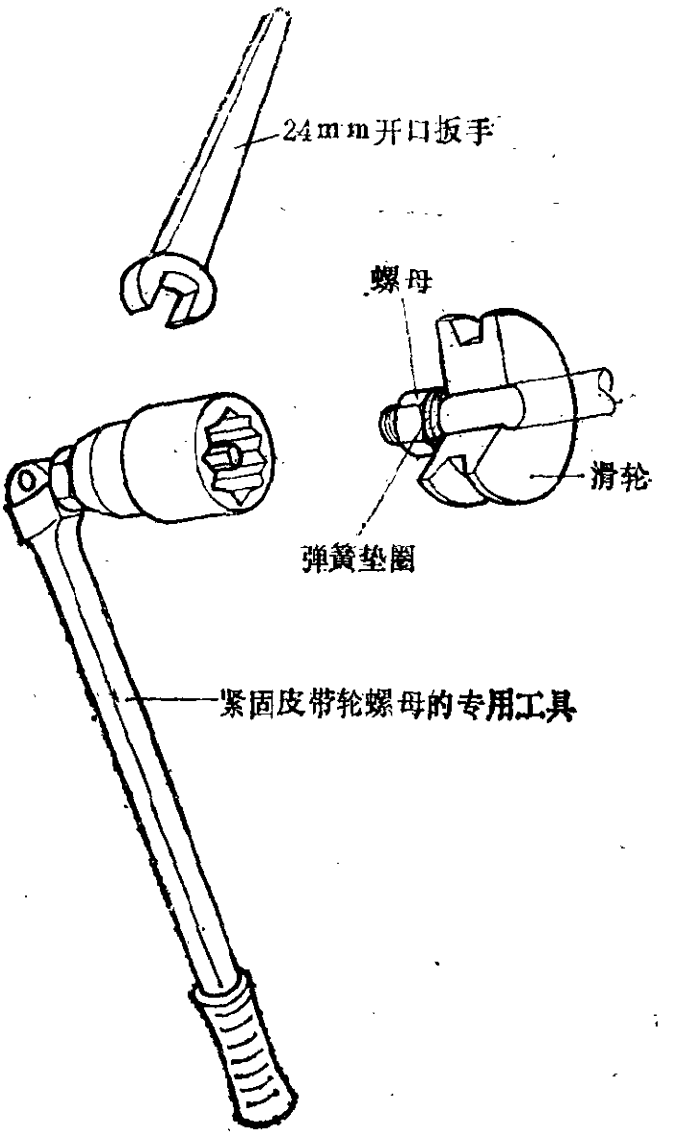


图175　装配皮带轮螺母的专用工具

簧以及电刷放进座圈，并插入电刷组装销子(销杆直径为1.8～2mm，长度为40mm)，这是组装交流发电机必不可少的一道工序（见图176)。然后将刷架放到调节器上，以便让电刷组装销子能穿过法兰盘的孔口(见图166)。最后将第2个螺栓固定好，同时不要忘记在螺栓头下放隔离垫圈。紧固力矩为2～2.9N·m。

整流桥——先将整流桥放好，再安上正接线柱。别忘了

在散热器和端盖之间放入隔离垫圈，也别忘了在垫片及螺帽之间放入隔离套管。然后再安上负接线柱。正接线柱的紧固力矩为 4.9～5.9N·m，负接线柱为 3.9～4.9N·m。

三个一组的二极管——将三个一组的二极管的脚支架在刷架上放好，并用第 1 个螺栓将它固定，不要忘记放入隔离垫圈。紧固力矩为 2～2.9N·m。

定子——先将定子在端盖上定位，使线圈的 3 个端头与整流桥的 3 根输出线正好相接，再放上垫圈和螺帽。紧固力矩为 1～2 N·m。

转子——将带有轴承隔圈的转子轴放入滚珠轴承中，并将它一直压到挡块为止。安上另一个轴承隔圈、风扇（端盖有叶片的一侧）、皮带轮（凸肩对着风扇）、弹性垫圈和螺母。用测力螺丝扳手拧紧螺母，紧固力矩为 54～82N·m。不要超过最大紧固力矩，否则就会导致转子轴发生弯曲变形。

交流发电机——取下为保护滚针轴承套筒而贴上的胶布之后，将两个端盖放好，使拆卸时所作的两个记号相吻合，然后将两个端盖接合起来。检查一下转子是否能自由转动。3 个固定螺栓的紧固力矩为 3.9～5.8N·m。固定螺栓拧紧后，取出电刷固定销，以便电刷与滑环相接触。

总 组 装

安上交流发电机，放好固定螺栓，但不要完全拧紧，放好传动皮带后并紧固好。接好交流发电机的各导线，最后接上蓄电池。

检 查

不在这里介绍用指示灯和欧姆表进行的短路、断开及接

图176 安装电刷和总成转子

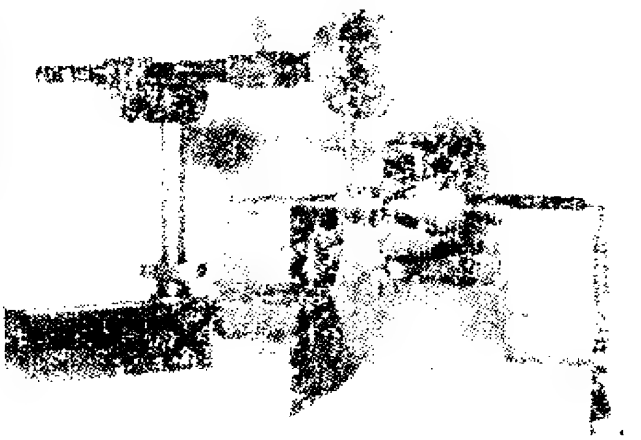


图177 在比较仪器上检查滑环的同轴度

地等一般性检查，也不谈机械检查，只着重介绍一下在比较仪器上进行的滑环同轴度的检查(见图 177)。滑环外径与轴的直径之间的最大允差为0.08。如果滑环有擦伤，必须用细砂纸打光，打磨时应转动转子，以避免误伤。如果滑环上沾有滑油，需用擦布沾上三氯乙稀进行清洗。

整流桥——可用一个欧姆表(见图 178)或指示灯进行检查。

三个一组的二极管——可用图 179 所示的两种方法进行检查。

调节器——因调节器箱是严格密封的，所以不可能对调节器进行检查。但是，图 170 中所提到的那些元件表明，可以检查磁场绕组的放电二极管是否朝一个方向导通而另一个方向锁闭，也可以检查出晶体管的锁闭情况（不管它的极性如何，都应处于锁闭状态)。检查可用欧姆表或指示灯进行。

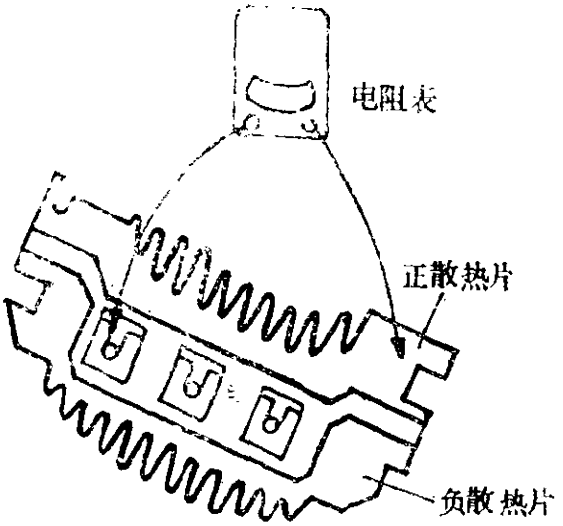


图178　用欧姆表检查整流桥

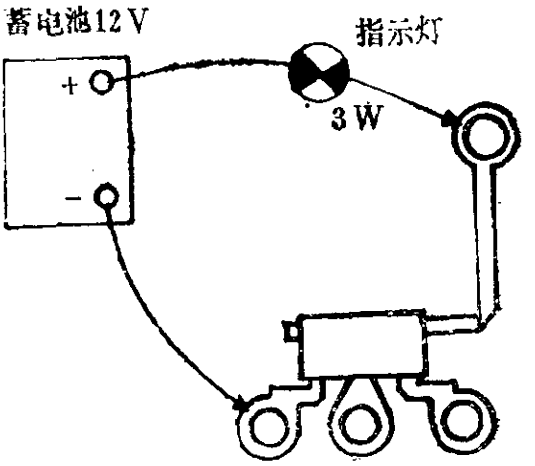


图179　用一个指示灯检查三个一组的二极管

总的注意事项

必须注意以下事项，以避免损坏电路；

——交流发电机的输出接线柱绝不能短路或接地（接地接线柱当然例外）；

——不能颠倒极性；

——保证交流发电机和蓄电池的极性一致，特别是当使用备用电池来起动时更要注意这一点；

——拆卸交流发电机或使用充电器时必须断开蓄电池。

台架上的试验

测定特性曲线——即测定随转速而变化的电流强度的特性曲线。接线情况如图 180 所示。从图中可看到，调节器是由一个外接电源供电，为的是在试验时不致产生干扰。变阻器可以调节，可使电压达到14 V。温度的测定是在交流发电机的进风口进行。N表示转速的测定。

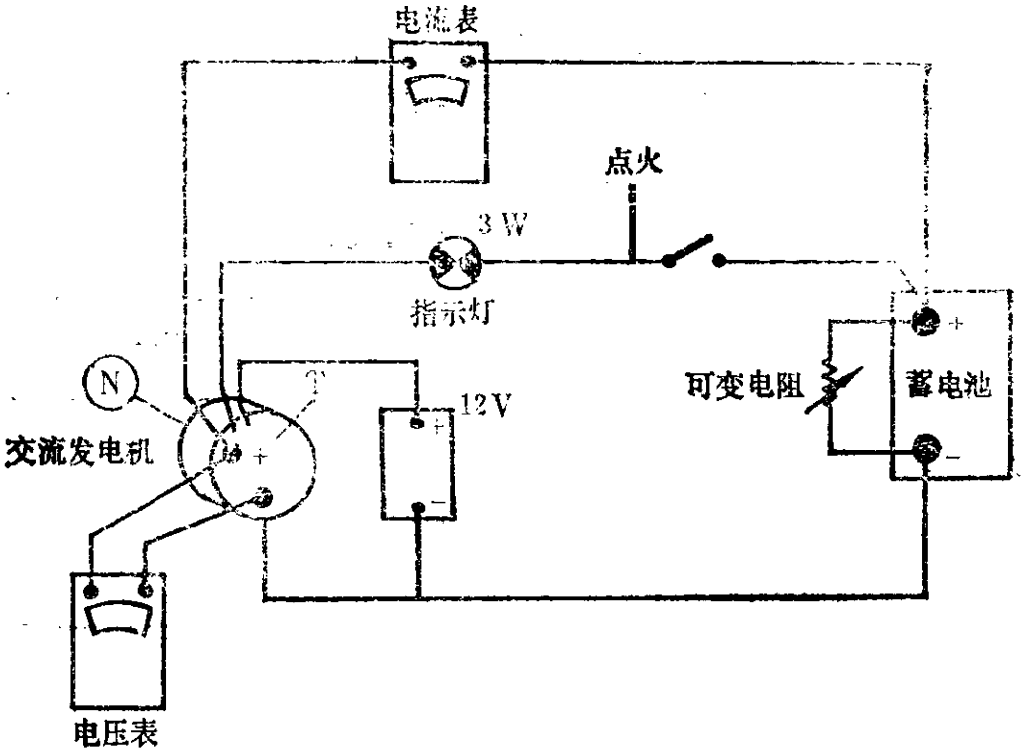


图189　测定特性曲线

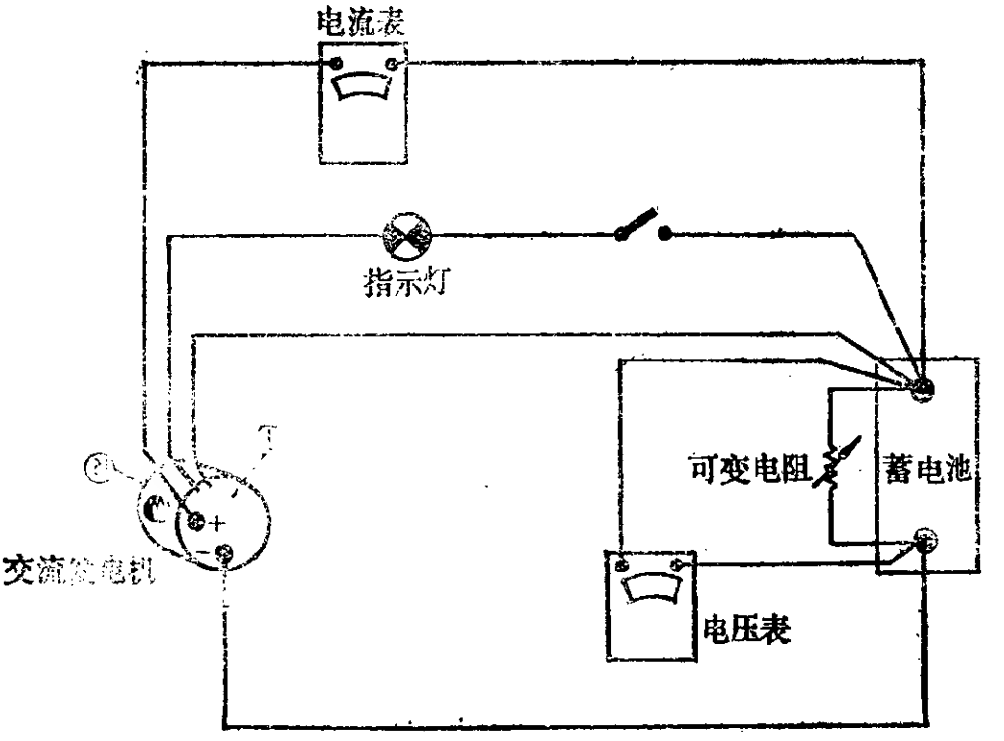


图181　调节试验

调节试验——接线图如图 181 所示。试验时使交流发电机以 6000 r/min 的转速运转，并调节变阻器，直到获得 ½ 的额定电流。在温度稳定一刻钟以后，再测定蓄电池接线柱的输出电压。该电压应在以下极限之内：

温　度　℃	最小电压	最大电压
−10	14.70	15.50
+23	14.40	14.95
+60	13.80	14.40

二十、杜塞利埃(DUCELLIER)公司制造的第一台交流发电机及其调节器

一般机械特性

图 182 是杜塞利埃交流发电机的外观总图，功率为 400 W。图中细线条所示的是相同功率的直流发电机的外形轮廓。将两者比较一下，就会发现交流发电机的直径要稍大(127mm 比 102mm)，但由于长度明显减小，总体积要小得多。另外，重量也轻得多：4.75kg 比6.5kg。

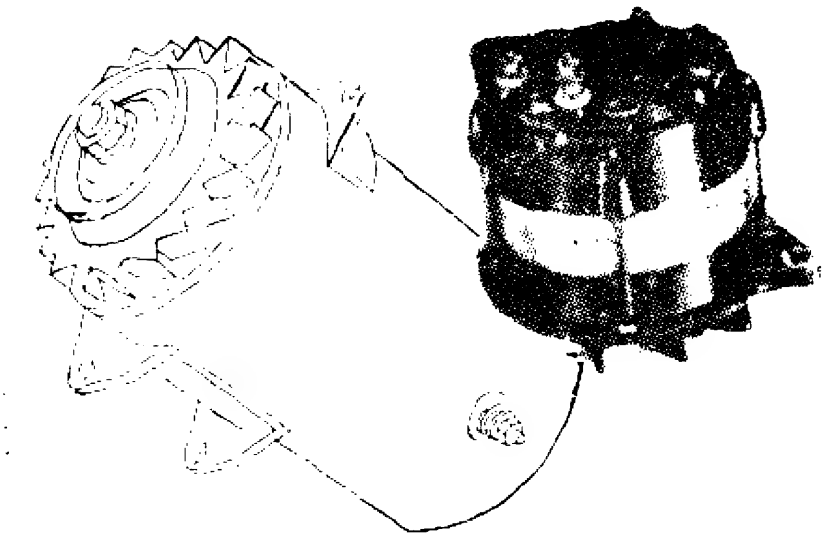


图182　400W 杜塞利埃交流发电机外观总图和相应的直流发电机

和直流发电机一样，这种交流发电机是通过其支架来固定的。

传动比为2～2.1。

传动部件的轴在机器外部支撑皮带轮和风扇。

为了能在良好条件下经受住高速运转，转动部件一端安装在传动侧的球轴承上，另一端安装在滑环侧的滚针轴承上。

图184是这种交流发电机的设计尺寸图。从图中可看到皮带轮和风扇的剖面。

结　构

图183是这种交流发电机的剖面分解图。从图中看到如下四组部件：

A．磁场绕组——转子。这是重量很轻的转动部件，它可排除振动和离心力作用。

该磁场绕组包含南、北相间的8个极，是一种新型的"爪式"装置。该装置只包含一个线圈，而且以转子轴为其线圈轴（不是每个极包含一个线圈）。极的形状是经过专门研究的，可以避免磁噪音。

转子的一端支撑磁场绕组的两个供电环，另一端在机壳外支撑传动皮带轮和风扇。

B．电枢——定子。固定部件，由钢板包裹而成，它支撑磁场绕组。

磁场绕组是三相的，与6个硅二极管相连构成整流桥。

二极管压装在冷却板上，冷却板嵌在通风口的刷架支座上。

整流器是交流发电机最热的部件，因为它们产生1.2V左右的压降，当发电机提供最大电流量的时候，这就相当于

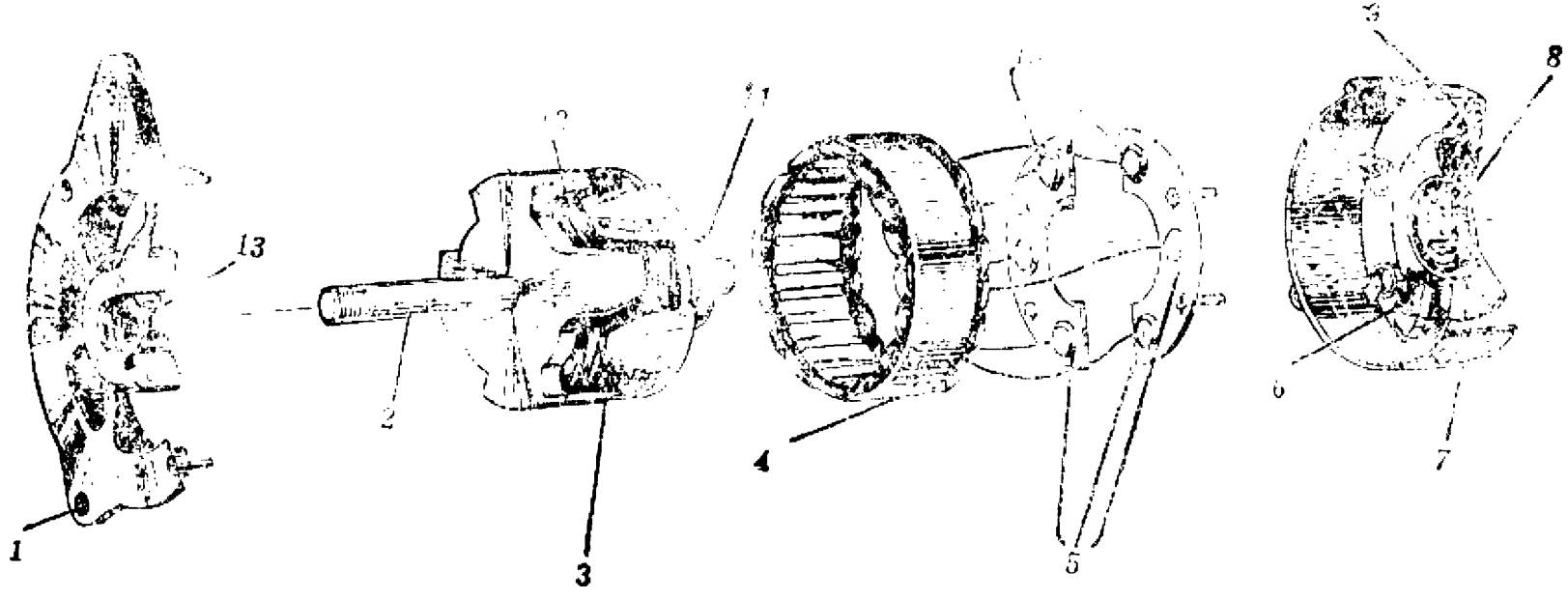


图183　交流发电机剖面和分解图

1．驱动端端盖；2．供皮带轮用的转子轴的部分；3．磁场绕组-爪式转子；4．电枢-定子；5．整流二极管；6．电刷架；7．端盖-电刷架；8．滚针轴承；9．电刷架；10．冷却垫片；11．轴套；12．磁场绕组；13．球轴承

将 90W 的功率变为热能消耗掉了。为了使发电机运转良好，温升不应超过 150～160℃。

C．驱动端端盖。位于皮带轮及风扇一端，它通过球轴承支撑转子轴。

D．刷架支座。它支撑转动磁场绕组的两个电刷（电刷紧靠转子的两个滑环），两块冷却板上安装 6 个二极管，外部配有发电机的接线柱。

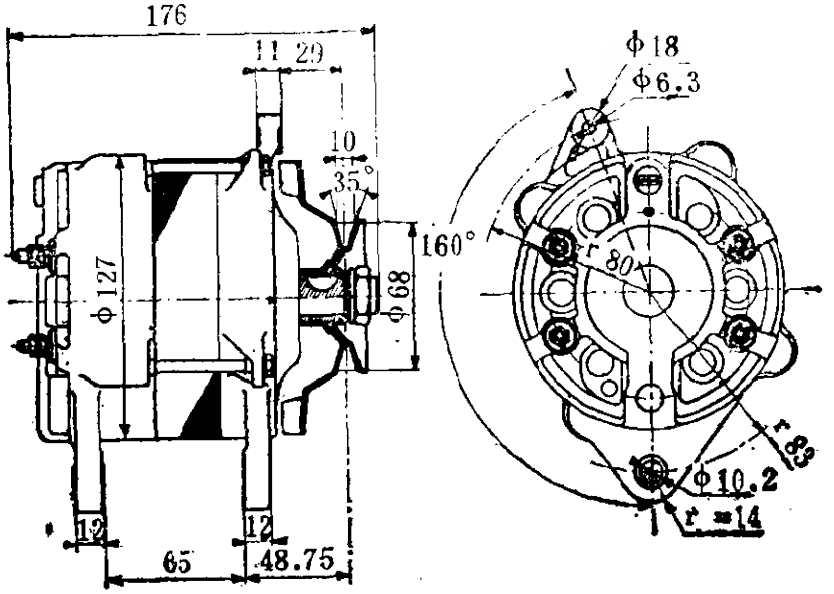


图184　交流发电机的设计尺寸图

电　路　图

定子的 3 个绕组呈星形连结。

6 个二极管组成的整流桥可以使三相电流的两个半波得到整流。

磁场绕组通过两个滑环和电刷供电，其中一个电刷接铁，另一个电刷与发电机外部的调节器相连。

图 185 是这种交流发电机的接线原理图。图中没有截流

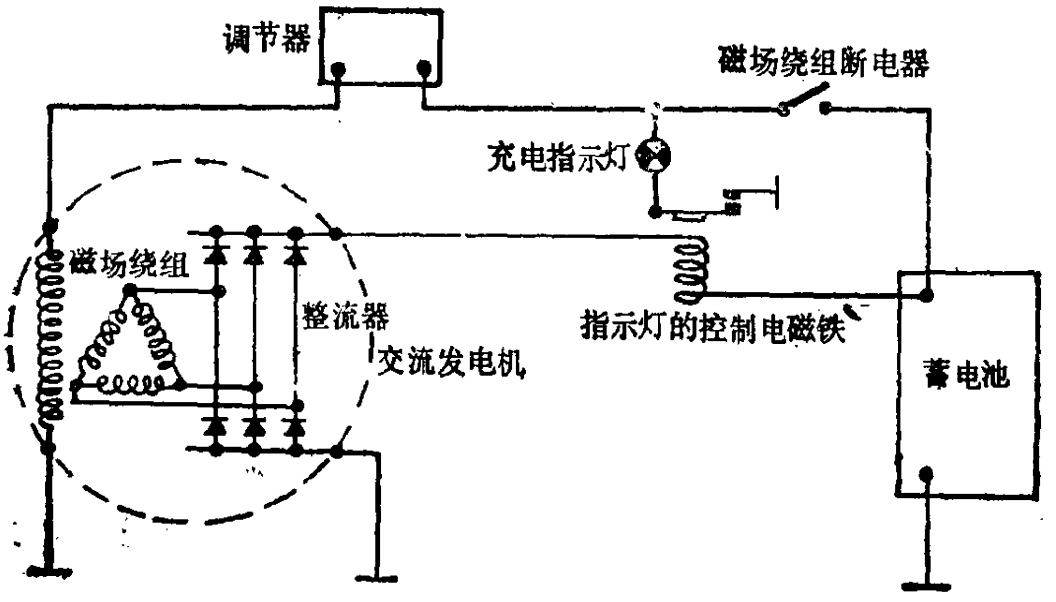


图185　交流发电机的接线原理图

器。调节器上接有一个充电指示灯，该指示灯指示蓄电池在未充电的情况下是否向磁场绕组释放电流，这种现象在发电机起动时是肯定会发生的。

电气特性

杜塞利埃交流发电机的功率为 400W，电压为 12V，转速为 1200 r/min 时释放的电流为 12A，最大转速时的电流为35A左右。从图 186 的曲线中可看到这种热态时的特性参数。该图还包括直流发电机的相应曲线，可以看出直流发电机的电流总是低于交流发电机的电流，尤其在慢速时更是如此。

磁场绕组只需要2～3A的电流，因此该电流通过时只需电刷与光滑的滑环相磨擦，而不需与整流子片相磨擦。

调节器

杜塞利埃公司研制出三种类型的调节器：

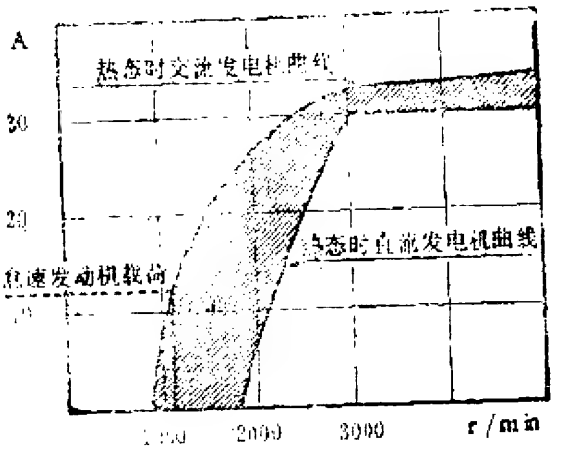


图186　交流发电机和直流发电机热态时的特性曲线

A．电磁振动式调节器。这种双级调节器专用于交流发电机，其原理是大家所熟悉的，因此未给出电路图。这是一种单元件电压调节器，因为它既没有连接器，也没有电流调节器。电流调节器对直流发电机来说几乎是必不可少的，而对交流发电机来说就没有什么作用，因为交流发电机的自感应很高，频率随转速而增大，它本身就是电流自动调节器。

B．晶体管振动式调节器。这种调节器的一部分元件为电子元件，图187是其原理图。从图中可看到，磁场绕组电路不通过振动触头，但该电路包括一个晶体管的发射极-集电极电路（E与C）。振动触头接入基极B的电路中。调节元件除电压线圈外，还有一个“频率”线圈，该“频率”线圈接入磁场绕组电路中，而这个电路的电流变化又对主线圈的作用产生影响，便于振动。

工作情况如下：电磁铁只切断非感应基极电路的弱电流，感应很强的励磁电路不包括任何机械断路。振动触头仅切断100至150mA左右的非感应电流，这就是说它的颗粒处在良好的工况。此外，还有一个放电二极管保护晶体管免受激磁自感应的影响。

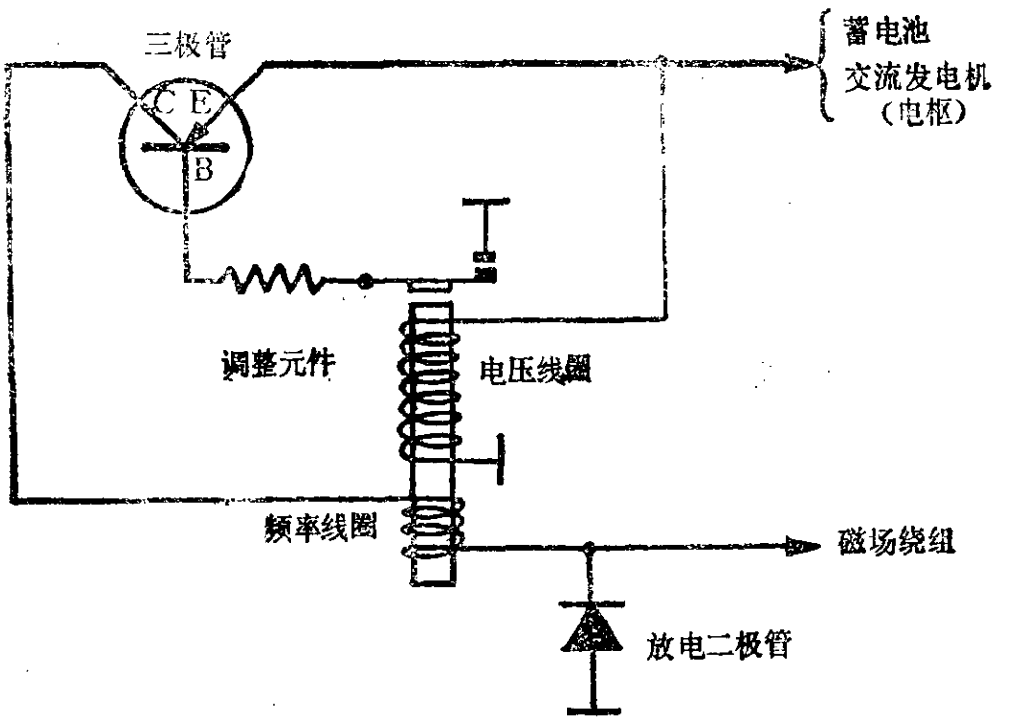


图187　晶体管振动式调节器的原理图

C．晶体管调节器。这种调节器不能再叫做振动式调节器，因为它不再有机械振动。它基本上不需要维护保养，但其制造成本明显高于振动式调节器。

图188是这种晶体管调节器的原理图。图中包括两个晶体管 T_1 与 T_2（其发射极分别用 E_1 与 E_2 代表，基极用 B_1 与 B_2 代表，集电极用 C_1 与 C_2 代表），一个稳压二极管Z和一个放电二极管D（其作用与前面讲的晶体管振动式调节器的放电二极管相同）。

工作情况如下：磁场绕组通过晶体管 T_1 的 E_1C_1 电路供电，该电路的作用相当于一个开关。当电流从 B_1M_1 电路过来时，该开关接通电路当电流不再进入 B_1 时，该开关被切断。B_1 可以被 $AE_2C_2M_1$ 短路，但电压必须高于Z的击穿电压。在此情况下，电流通过 $AE_2B_2ZM_2$，同时也通过 $AE_2C_2M_1$。B_1 短路，不接受电流，E_1C_1，也就是磁场电路被切

断。电压下降，上述过程又重新开始。调节电压是通过移动触头K在电阻R上的位置来进行调节的。和晶体管振动式调节器一样，这种调节器中还引进了一些电阻或电容，以便调节其特性达到所预期的效果。

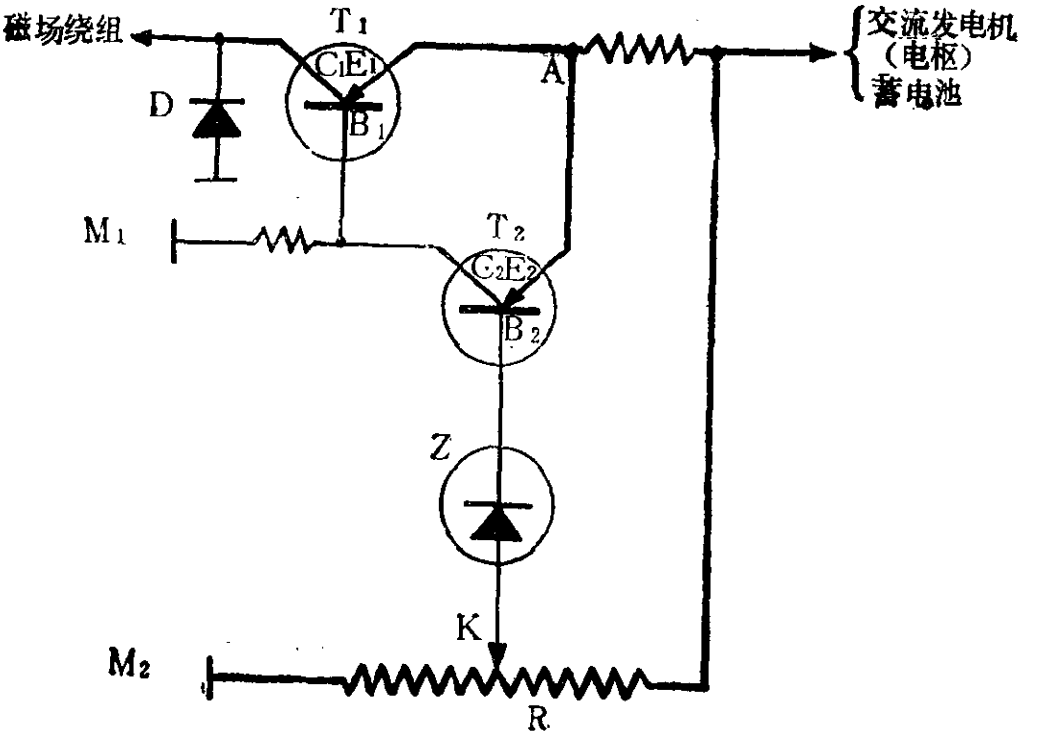


图188　晶体管调节器的原理图

应　用

杜塞利埃公司有一种交流发电机可以应用于下述各种车辆，这些车辆的发动机一减速时就需发电机提供电流，比如：

——长时间地减速慢行和多次起动城市用的载重车辆；

——配备有各种电器设备的特种车辆，如配备有自动离合器，或自动变速装置和大功率暖气装置的车辆，以及配备有各种特殊辅助设备的车辆；

——警车，救护车及装有无线电话的出租汽车等。

二十一、杜塞利埃交流发电机及其调节器的安装、拆卸和检查

结构、接线与调节

图 189 为 7500 交流发电机的外形图。

图 190 为 404 型支架外形图。该型号的支架适应多种型号交流发电机的安装。将交流发电机安装在发动机上时要十分小心，皮带轮的位置应严格控制。为此，使用隔套和垫圈来调整。

图 191 为交流发电机的分解图。

如图 191 所示，6 个二极管中有三个二级管（正向二极管）安装在散热片的连接板上，而负向二极管安装在端盖上。图 200 清楚地显示了这一特点。

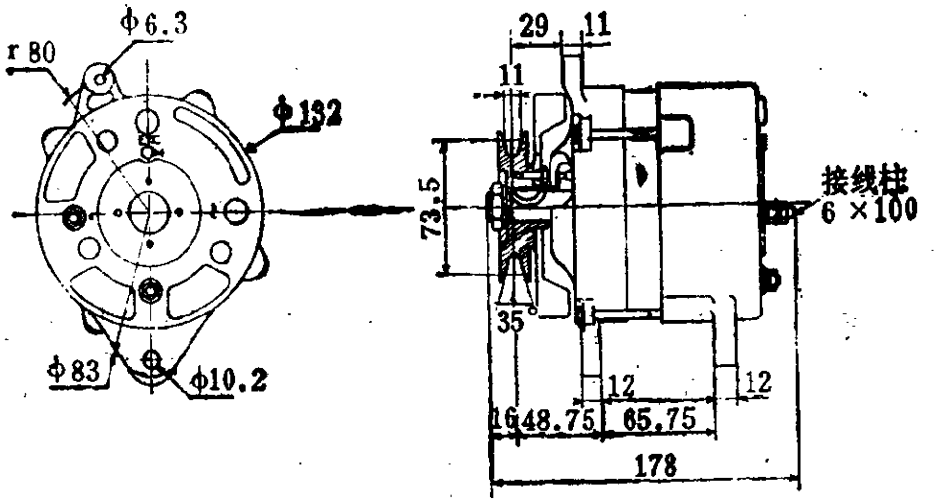


图189　7500交流发电机外形尺寸图

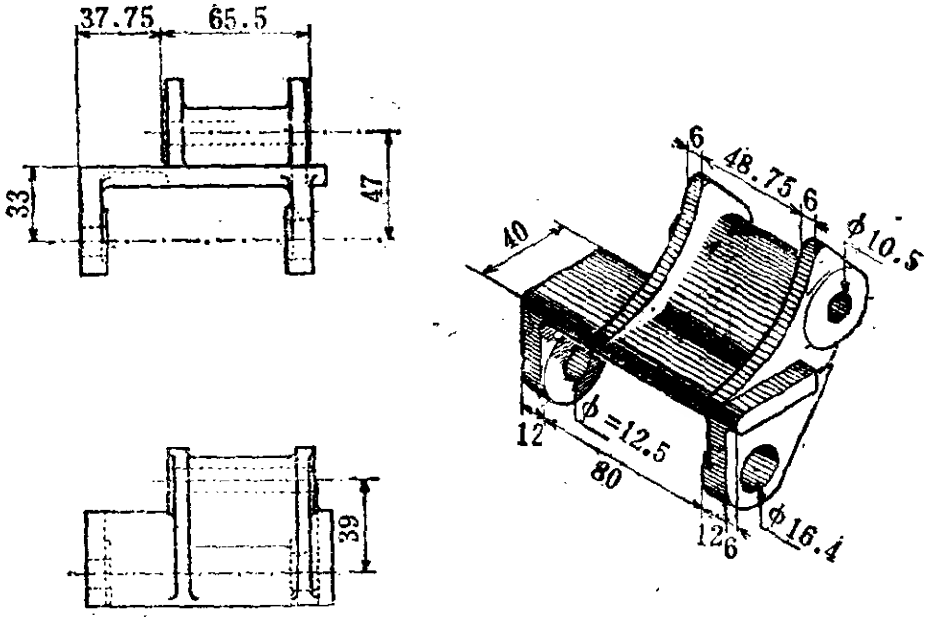


图190　404 型支架外形图

图 192 为匹配有 8328 型振动式调节器，并接有电流表的交流发电机的电路图。如图 192 所示，定子的连接呈星形连接，调节器是双级式的，当电压升高时，磁场绕组就处于短路状态。

图 193 为匹配有 8329 型双级式调节器和接有指示灯的交流发电机的电路图。充电指示灯一端接汽车控制电源开关，另一端通过一个电阻接铁。当交流发电机发电时，指示灯熄灭。充电指示灯电路的电源来自整流之前的定子绕组。正半波电流借助于安装在调节器中的二极管通过指示灯。由于二极管的缘故，负半波电流不能通过指示灯，但是电容器放电，保持指示灯的熄灭状态。

图 194 为匹配有 8327 型电子调节器和接有电流表的交流发电机的电路图，图 195 为电子调节器的线路图。图 195 中可以看到：代替振动开关的 T_1，控制 T_1 的晶体管 T_2，稳压二极管 Z 和电压指示灯。其工作原理如下：

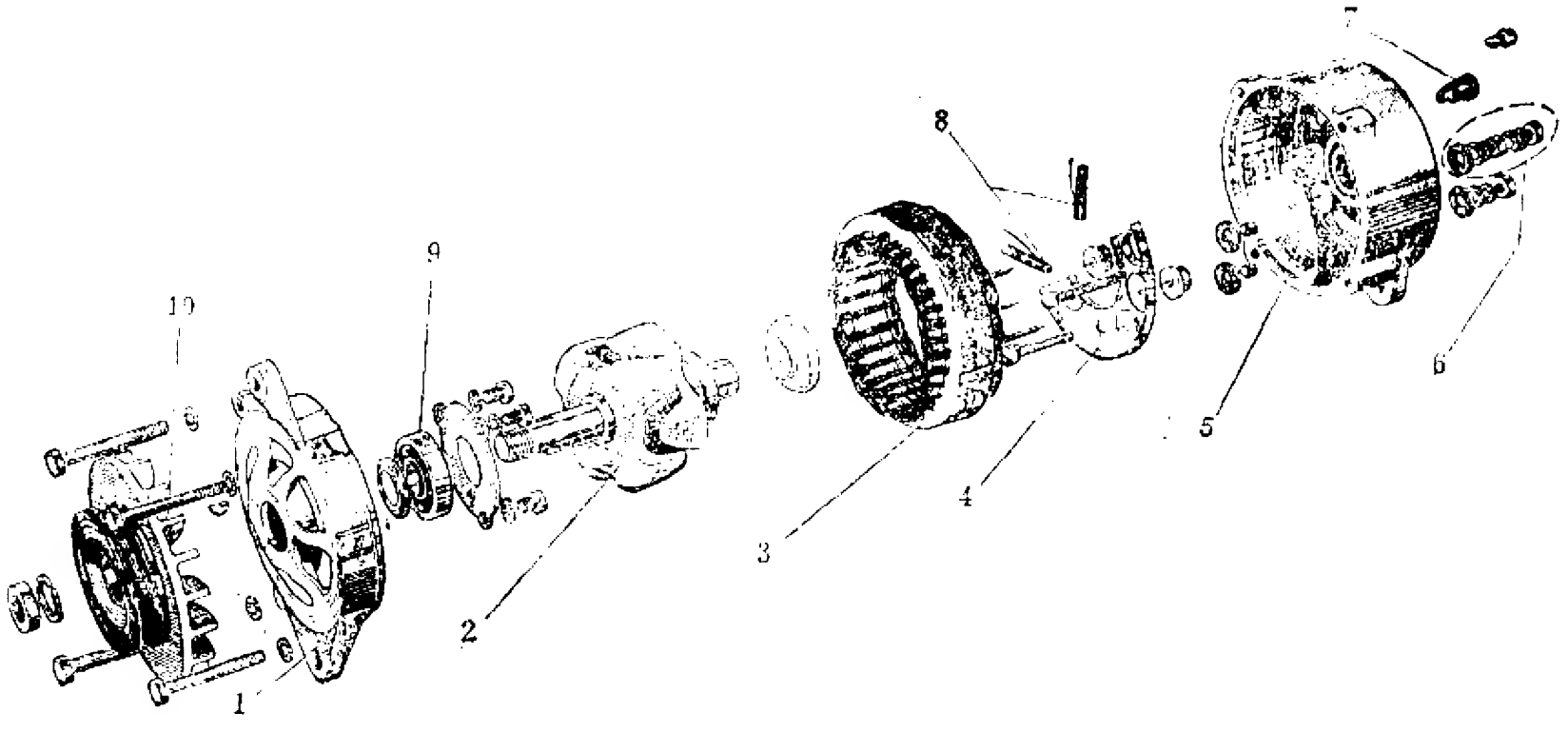


图191　杜塞利埃交流发电机的分解图

1．驱动端端盖；2．转子；3．定子；4．正向二极管的散热器座；5．负向二极管后端盖；6．发电机供电接线柱；7．连接块；8．转子供电电刷；9．驱动轴承；10．皮带轮风扇

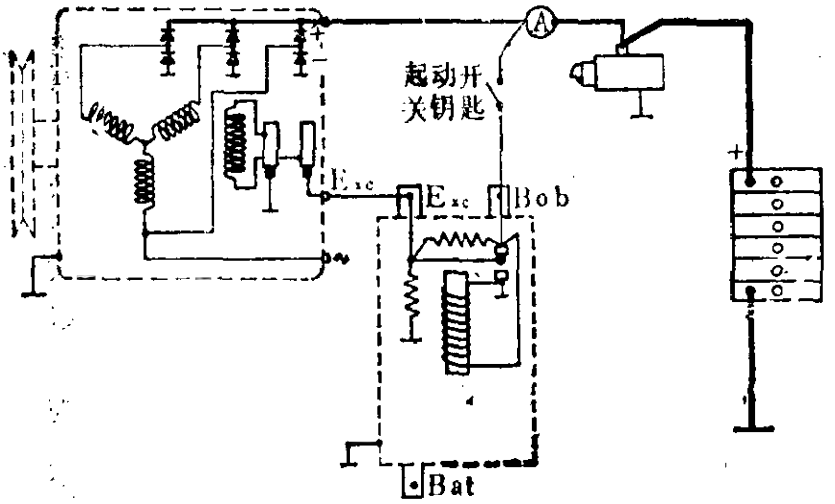


图192　带有振动式调节器和电流表的交流发电机电路图

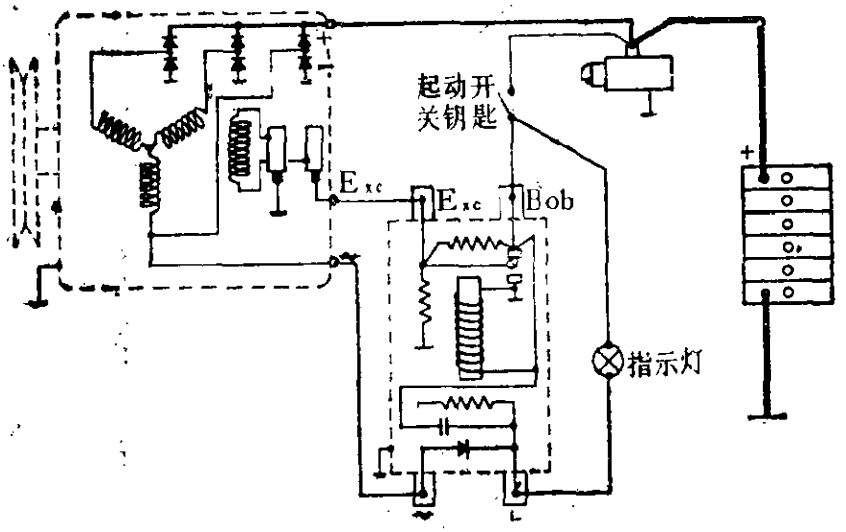


图193　带有调节器和指示灯的交流发电机电路图

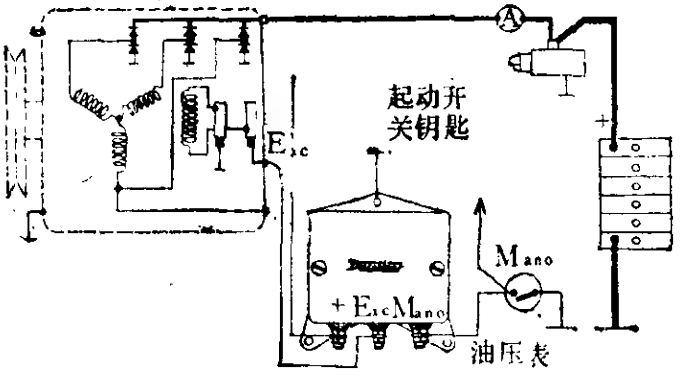


图194　带电子调节器的交流发电机线路图

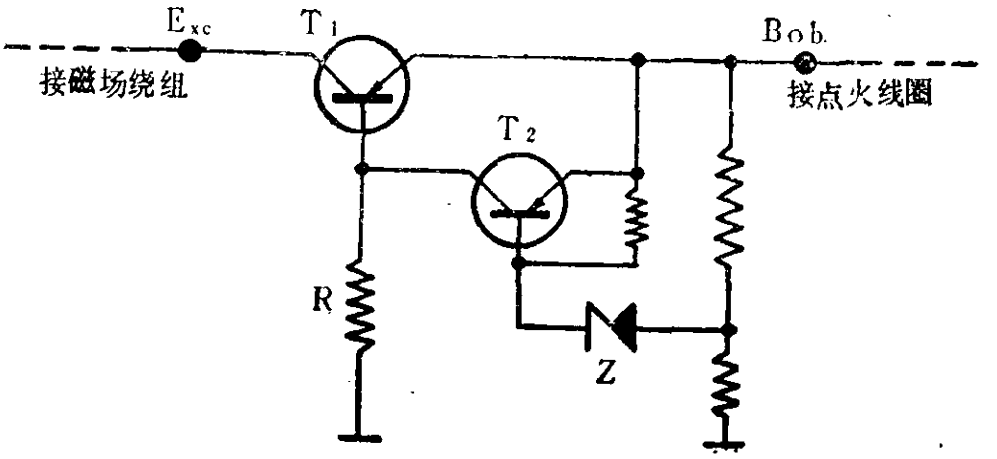


图195　电子调节器线路图

在低压时，稳压二极管Z不导通，T_1导通，因为它的基极通过电阻R变为负极，磁场绕组被供电。当电压升高并超过一定值时，Z导通并使T_2的基极变为负极(相对发射极来说)。T_2导通，电流进入电阻R，此时T_1的基极变为正电位，T_1不再导通。磁场绕组的电流被切断，电路中的电压下降，促使Z不再导通，然后又开始下一个循环。

拆　卸

拆卸时必须使用合适的工具，并注意如下几点：

首先卸下端盖的四个固定螺栓，然后将驱动端盖与定子分开。用拉轮器拉出转子的轴承，拉轮器的两脚着力在轴承的外圈上，施力后，即可将轴承拉出(图196)。

由于定子还通过与二极管相连的三条相位输出线连接在二极管支架上，所以必须先将接头拆焊，才能将定子与端盖分开，见图197。在进行拆焊时，必须注意散热，并用金属夹子之类的工具将二极管电极尾部夹固，以免损坏二极管。

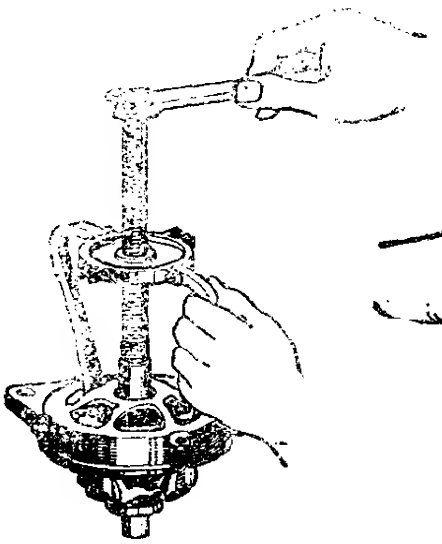


图196　用拉轮器拉出转子的轴承

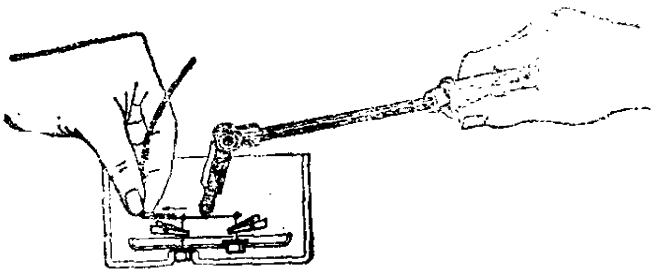


图197　接头的拆焊

装　复

（1）驱动端盖与转子。先将滚珠轴承安放好，然后安装油封盖。用压紧配合，不能敲击安装，只需压紧滚珠轴承的内座就行了，见图198。

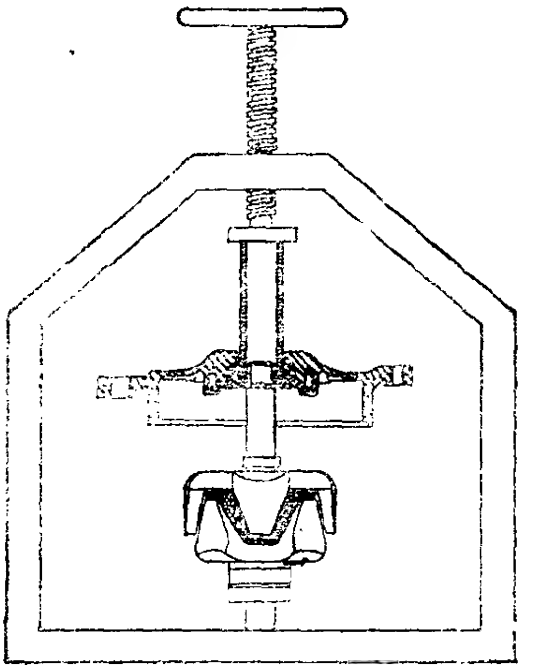


图198　驱动端盖与转子的装复

将驱动端盖压到止动环。

（2）装有二极管的端盖与定子。假若滚针轴承必须更换，更换时的操作要十分小心。

擦掉在滚针轴承前部的润滑油，防止在安装时流到转子的滑环上，从而产生电压降。

将二极管焊接在定子上，焊接时的注意事项与拆焊相同。

安　装

拆卸时将碰到了轴上有润滑油的电刷，清洗干净，可不必卸下电刷。

将电刷安放在刷夹上，用小片（或钢丝）将它们搭起（见图199）。在安装之前先将端盖固定校准，若固定不良，则可能导致端盖断裂。发电机装好后，用0.4 kgf·m的力矩将固定螺栓拧紧。

装上风扇与皮带轮，并用4.5 kgf·m的力矩拧紧。

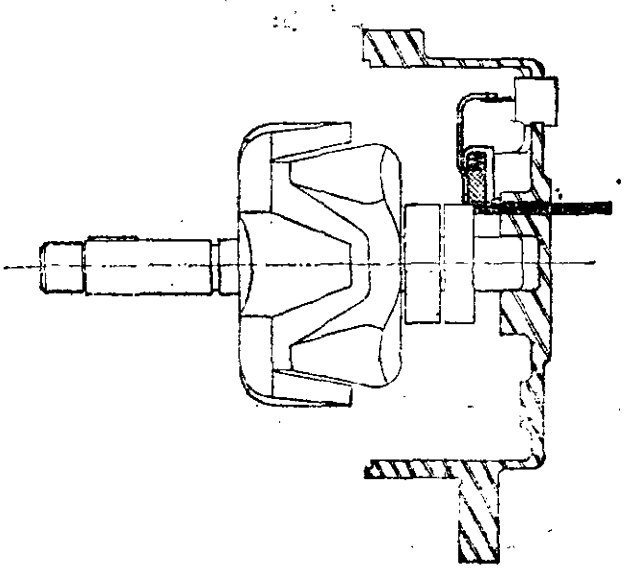


图199　电刷的装复

装复以后并在汽车行驶数公里的时候，还要检查各部件的连接与固定情况是否良好，并且重新将皮带拉紧。

为了保证交流发电机的良好传动，必须拉紧传动皮带（对于宽 10mm 的新皮带来说，每 100mm 容许伸长 3mm，即3%；对于宽13mm的新皮带来说，每 100mm容许伸长 2mm，即2%）。

电气参数

对于 12V 的交流发电机来说（还有一种 24V 的交流发电机），主要特性参数如下：

转子电阻：4.1～4.3Ω；

每相的定子电阻：0.14Ω（呈星形连接后，在两条相位线之间测得的电阻增加一倍，即为 0.28Ω）；

热态时的激磁电流：2.3～2.5A；

在试验台上试验测得的二极管管基处的允许极限油升为90℃左右（环境温度除外）。

车上检查

1．交流发电机不充电——需检查充电电路与激磁电路是否通路。

2．充电不足——原因可能是线路电阻值太大，激磁电路发生异常，或者由于二极管的缘故（见下面），也可能是调节器失调。另外还需检查皮带的张力。

3．充电过大——需检查电压调节器方面的原因（见后面），检查由于激磁线路的电阻值变化，以致使调节器电压升高，或由于转子线路部分短路。那些不能在车上做的检查需在试验台上进行。

试验台上的检查

接线情况如图202所示，这时检查的不是充电，而是电流量。

1．没有电流量——原因在激磁方面（电刷磨损或被卡紧，线圈被切断或短路），或二极管方面（短路或切断）。

2．电流量不足——首先检查激磁可能不足，还需考虑到二极管或磁场线圈方面的原因（短路或接铁）。

3．电流量过大——可能是由于调节器失调或者转子线圈部分短路。

转子的检查

激磁线圈的电阻应在4.1～4.3Ω之间。如果大于4.3Ω，则线圈可能被切断。或某一接点焊接不良。如果低于4.1Ω，则某些线圈的匝间可能短路。此外，还需根据情况对集电环进行清洗、磨光或更换。如有必要，还需更换电刷。焊接部分必须用焊料焊妥。

定子检查

由于电阻值很小，测试时需使用精确仪表。最精确的测试是在整流器前，用交流电压表在试验台上进行相间检查，使交流发电机以1500 r/min的转速旋转，同时向转子供直流电，然后用电压表测试，在三根相位线中的任何两根之间，其读数均应相同。

二极管的检查

可在不断开定子与二极管连线的情况下，对二极管组迅

速进行检查。检查时，接入12V的蓄电池，将电压表串联在蓄电池与二极管组之间，见图200。

检查负向二极管时，将“－”接铁，“＋”极与二极管桥相连。如果电压表指针停留在“0”位，则二极管组的性能良好；若指针摆动，则三个二极管中至少有一个短路。

检查正向二极管时，将“＋”极与交流发电机的接线柱相连，“－”极与二极管桥相连。若电压表指针停留在“0”位，

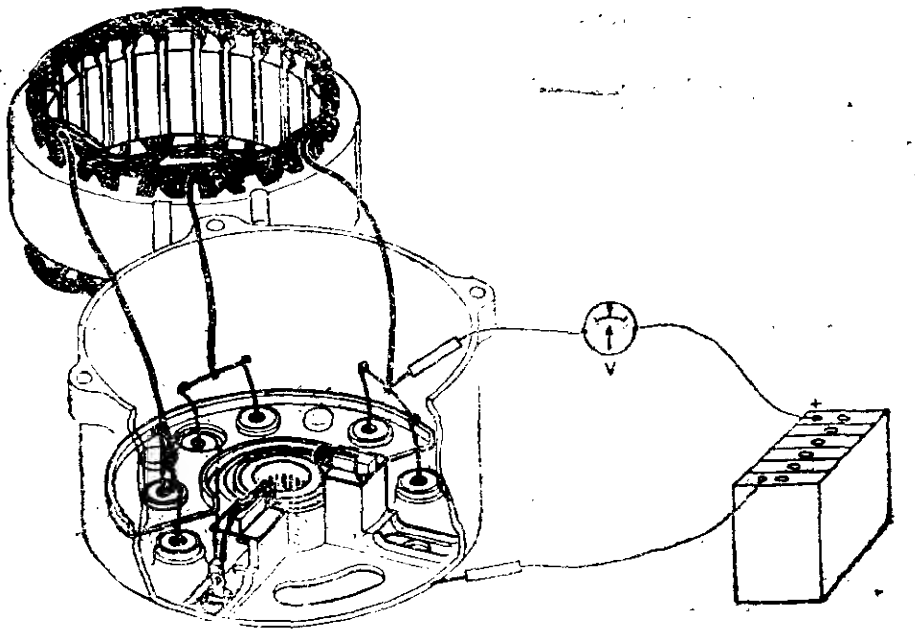


图200　二极管组的检查

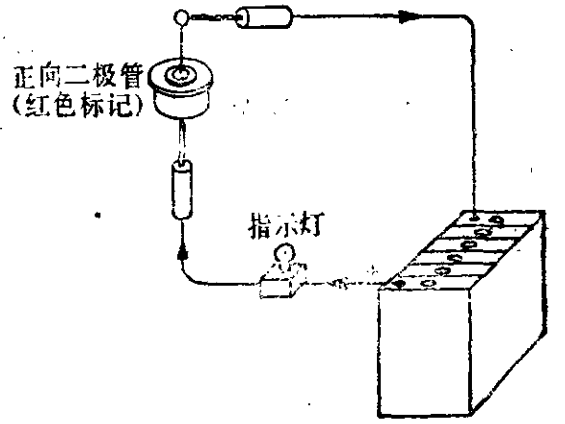


图201　一只二极管的检查

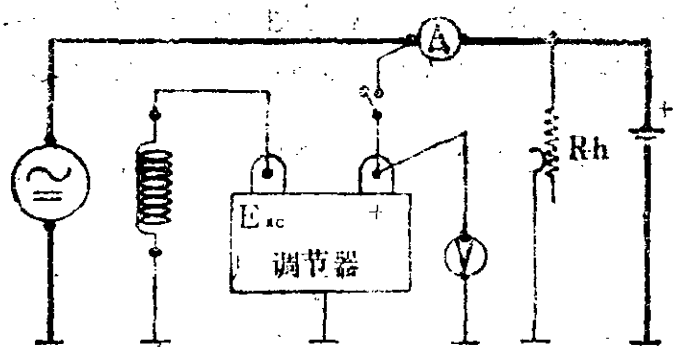


图202 试验台上接线图

则二极管组性能良好；若指针摆动，则三个二极管中至少有一个短路。

为了进行精确的检查，确定哪些二极管是短路或被切断的，应按图201接线，并接入一个12V的指示灯，按不同方向试验一次(正、负极各试验一次)：

当所检查的二极管性能良好时，则指示灯在一个方向发亮，而在另一个方向熄灭。

当二极管短路时，则指示灯在两个方向都发亮。

当二极管被切断时，则指示灯在两个方向都不发亮。

调节器的检查

1. 振动式调节器。通过与蓄电池并联的变阻器控制充电电流为5A，预热40min。这时交流发电机应以5000 r/min的转速旋转。

检查第一级不必切断调节器电源，仅改变调节变阻器即可使负荷电流量达到30A。这时电压应在13.4～14.8V之间。

检查第二级(低电流量)，这是控制调节器的电源切断和接通后的相应电压，这时电压应在14～14.8V之间。

2. 电子调节器。用3A的电流预热40min，交流发电机以5000r/min的转速旋转。这时电压应在14～14.4V之间，试验数次后，假如其结果在上述极限之外，则应更换调节器。

绝不允许交流发电机在没有蓄电池的开路中运转，因为这样做，整流二极管的反电压就将升高，而这是非常危险的。

极　性

在交流发电机接线时，必须十分注意汽车蓄电池的极性。杜塞利埃的交流发电机只能负极接铁。对于某些是正极接铁的外国汽车来说，专有几种其它型号的交流发电机，所有负极接铁的12V交流发电机都毫无例外地能够匹配各种不同型号的调节器。

二十二、杜塞利埃充电指示灯用晶体管继电器

杜塞利埃公司允许在雪铁龙（Citroën）2CV 轻型货车和阿米(Ami)6，阿米(Ami) 8 与Dyane型汽车上装用主要由交流发电机调节器，以及控制充电指示灯的晶体管继电器所组成的充电系统(如图203示)。

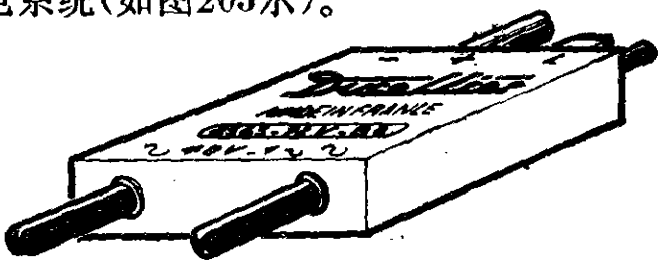


图203　杜塞利埃晶体管充电指示灯继电器

图 204 是这种晶体管继电器的原理图，从图中可以看出：

带有两个定子绕组的单相交流发电机，每个定子绕组都装有二极管 D和 D′，磁场绕组一端接地，另一端接调节器。激磁电路只有当点火开关(见图右侧)接通时才有电流通过；

只标出接线情况的是振动式调节器；

蓄电池为12V；

充电指示灯电路具有 5 个插头。

通过对继电器的检查，可以发现：当开关接通，蓄电池停止充电时，则指示灯应该发亮，而且，只有在蓄电池的电流能够通过晶体管的发射极E与集电极C时，指示灯才能与

蓄电池形成回路。这是根据晶体管最基本的原理，电流进入基极B的电路，也就是说B的电势低于E的电势的结果。

当基极通过R_2、R_1接铁而不与二极管d与d′相连时，上述条件就可持续。但是当充电开始时，那么，这个条件即不再持续。这样指示灯的发亮与熄灭具有一定的意义*。所以，基极的电势通过接通定子绕组而得到调节。为此目的，这些绕组分别通过插头1和2与继电器盒相连，而不通过向蓄电池供电而用的整流二极管D与D′。由绕组提供的通往晶体管的电压被两个二极管d与d′整流。d与d′之间的连线通过R_2与R_1之间的晶体管基极B的电路而接铁。

工作情况

从接通点火开关开始，可分为三个工作阶段：

1. 交流发电机不转动。定子绕组不为基极提供整流电压，结果有电流通过基极，指示灯经发射极-集电极线路而发亮。

2. 交流发电机转动，但不充电。这时存在电压，但不足以使R_1与R_2之间的电势升高(通过R_1电流接铁)，使之接近发射极E的电势，这样就可以切断基极回路，导致指示灯熄灭。

可以看到二极管D、D′，d、d′组成两个半波的传统整流桥，因而提供一个会高于接铁与朝向蓄电池的定子输出端之间的电压，故必须用r、r′和R_1将电压降下来。

3. 交流发电机转动并且充电。这时基极电压高于加在

---

* 指示灯上注有厂家指明的功率。其功率必须得以保证，因为它是晶体管继电器充电指示器的一部分。

发射极E上的蓄电池电压，基极B不再有电流通过，主电流也不再通过发射极E与集电极C。指示灯熄灭即向驾驶，员表示充电开始。

在2.与3.两个工作阶段中，由于定子给基极电路供给的电势逐渐增大，所以指示灯逐渐熄灭。

情况需知

（1）关于充电

正常情况下，当接通点火开关时，指示灯发亮；然后当交流发电机以足够快的速度旋转时，指示灯熄灭。

当切断点火开关发动机停止工作时，指示灯不发亮。

若发动机停止工作是因为其它原因而并非由于点火开关被切断，此时，指示灯也照样发亮。

若接通电源达到充电工况时，而指示灯仍不发亮，则需查找定子、转子、保险丝或二极管发生的故障等等。

（2）关于继电器的控制

若开关接通后，交流发电机不转动，指示灯不发亮，则需考虑可能因为指示灯被烧坏、接铁不良、电源或晶体管被切断。这时需采取排除故障措施，或更换继电器。

若交流发电机转动，则指示灯应熄灭。若指示灯仍然发亮，则应考虑到，或者是因为交流发电机没有接通，或是晶体管没有“导通”。若属于前一种情况，则需排除交流发电机的故障；若属于后一种情况，则需更换继电器。

保　护

在图204中可以看到，继电器内有三个二极管d和d′是继电器整流用的二极管，位于晶体管上面的第三个是接在发

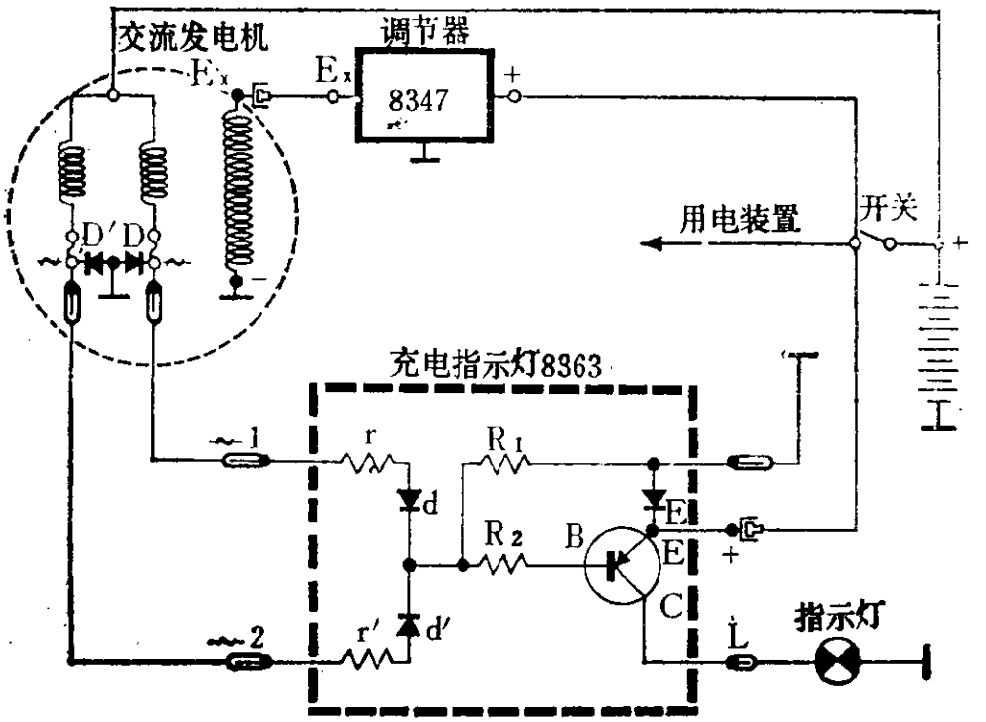


图204　继电器的电路图

射极E与接铁插头之间，它有如下两个作用：

1．起保护晶体管的作用。在装置中电感线圈，尤其是激磁线圈在切断时会产生过电压，这种过电压对晶体管是非常危险的。这个二极管为这些过电压提供一条通路，使其避开晶体管，并且不允许蓄电池电流漏泄。

2．保证排除某些不稳定的工况，以改善晶体管的工作性能。

二十三、杜塞利埃12极交流发电机

杜塞利埃公司各工厂研制了一系列交流发电机，能够满足大部分汽车的需要，尤其是为阿米(Ami)6型汽车研制了一种单相交流发电机。技术的发展促使杜塞利埃公司在原有的基础上又设计了一种可以装配多种汽车的新型交流发电机，单相的交流发电机可以装配西姆卡（Simca）1200S与1100型汽车，而三相的交流发电机则可以装配在雪铁龙DS21型汽车上。

这种交流发电机的特点是采用了12个磁极，从而允许最佳利用磁场绕组的磁通量，使转动部分的质量降低。由于这一特点，使得这种型号的交流发电机体积缩小而功率增大。

另外，所有构件均经精心研究，力求简化，以便于平时维修。例如尼龙电刷支架可以完整地拆卸；二极管安装在两个散热器上，散热器的拆卸很容易，既不需拆卸发电机，也不需拆焊任何接头。另外，电机的固定很方便，只需使用一个支架，可使端盖的受力减到最低限度。

图205是三相交流发电机的照片，图206是单相发电机的照片。本文仅叙述单相发电机。

交流发电机

装配在西姆卡(Simca) 1200 S与1100型汽车上的单相交流发电机的型号分别为7528与7526。图206是这种单相交流

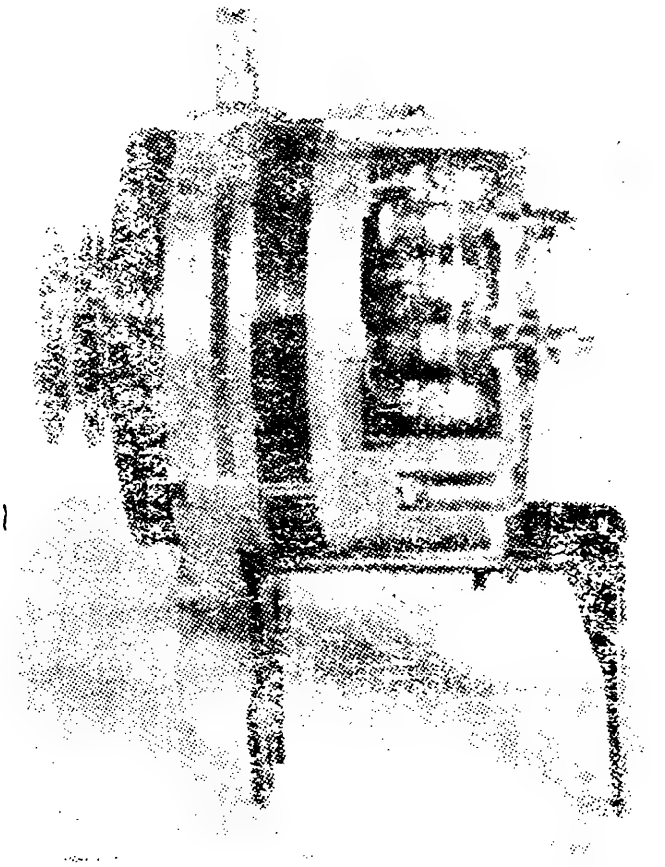


图205　杜塞利埃三相交流发电机

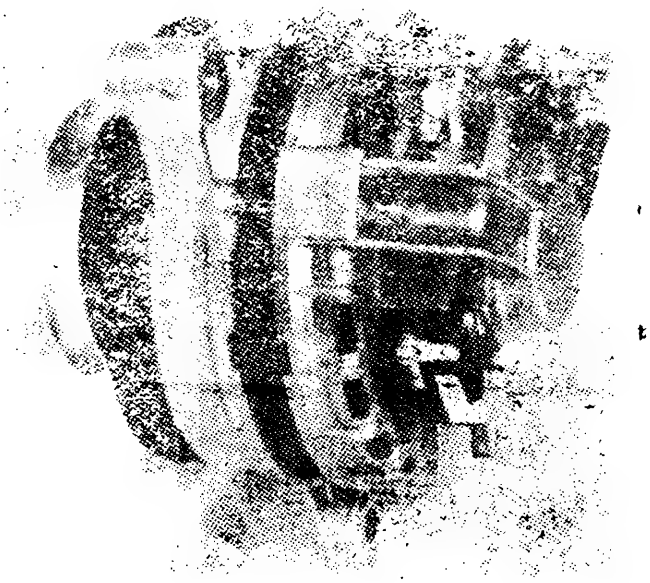


图206　杜塞利埃单相交流发电机

发电机的外观图。它们只在皮带轮与旋转方向上有区别。图207是带有指示灯的单相交流发电机的电路图，图208是分解图。各零件与零件组的代号与名称对照如下(见图208)：

1. 用于安装皮带轮的零件；2. 皮带轮；5. 风扇；7. 固定螺栓、螺帽；10. (前)驱动端盖；13. 驱动端盖上的滚动轴承；16. 挡油圈；19. 转子(磁场绕组)；22. 定子；25. 电刷；26. 电刷架总成；28. 正二极管支架；29. 负二极管支架；30. 二极管支架隔板；46. 后端盖；47. 后端盖滚动轴承；51. 二极管支架的防护罩；53. 接线柱零件；54. 接线柱上零件

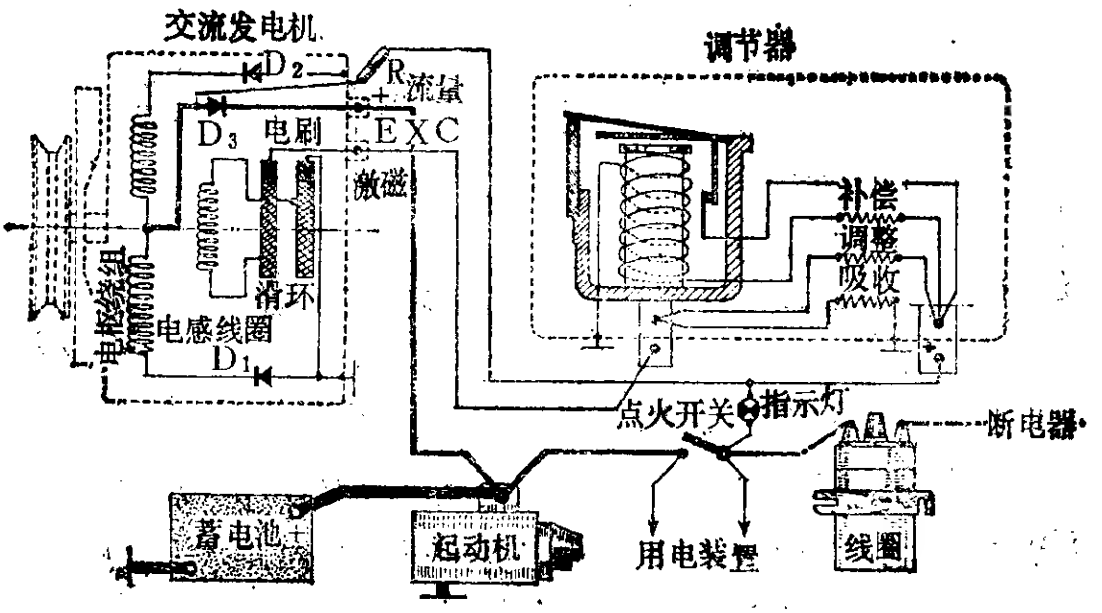


图207 带有指示灯的单相交流发电机电路图

各主要部件的构造具有如下特点：

二极管支架均可拆卸。二极管是用压力固定安装在其支架上的，并配有可拆卸的散热片，拆卸时不需将二极管和定子导线的输出拆焊，因为二极管是怕热的，操作时需要十分细心。二极管支架中有一个上面安装两个整流二极管D_1与D_2

(见图207)，另一个上面安装有保护二极管 D_3，可在图 207 中看到这一线路图。它类似于阿米 6 型汽车上的交流发电机的线路，只是多一个隔离用正向二极管。这个保护二极管的作用是在短路时保护定子绕组，在发动机停止工作点火开关关闭时，避免电流量通过转子，并允许在电路中接入指示灯，该指示灯在交流发电机激磁时熄灭。

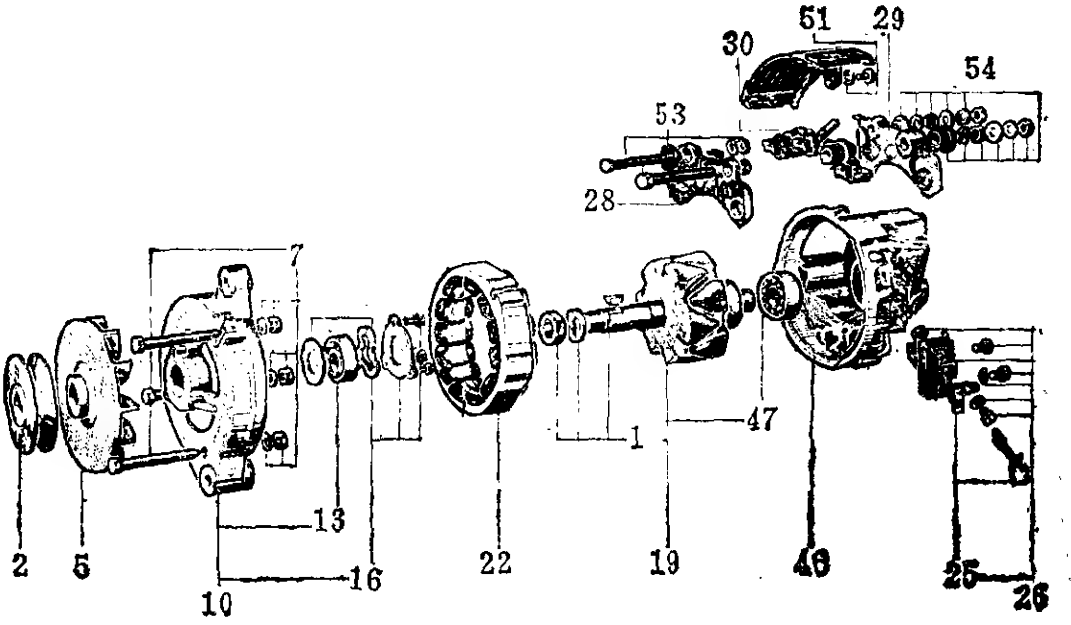


图208　杜塞利埃单相交流发电机分解图

电刷架也是可以拆卸的。它由两个螺丝固定。这种固定法允许迅速更换被磨损的电刷，并对转子进行检查。

定子是由钢片组装成的，包括12个定子槽(见图 208)，上面安装有12个串联的线圈，其终端通过负向整流二极管与接地相连(见图207)，其中心点通过隔离二极管与交流发电机的正接线柱相连。

转子是爪极式的(见图208)，包含 6 对电极。其磁场绕组由两个与电刷相接触的滑环来供电。其中一滑环接地，另一滑环与调节器的绝缘接线柱相接(图207)。

后端盖或叫二极管支架由轻合金制成，上面安装有滚珠轴承。

前端盖或叫驱动端盖上面安装有经过精心考虑的滚珠轴承，以便能承受传动力与推动。

交流发电机除有充电正接线柱与激磁接线柱以外，还有一个接线柱R，该接线柱与保护用二极管前的正输出线相连，并与指示灯和调节器(也就是磁场绕组)相连(图207)。

外形尺寸与特性参数

各部件外形尺寸如图 209 所示。

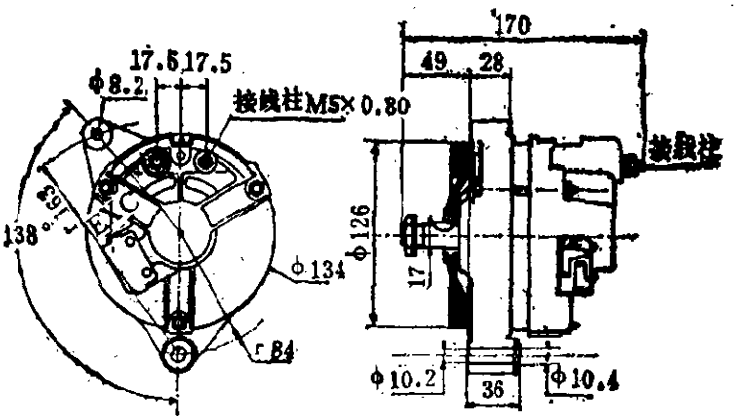


图209　7526-7528型电机的外型尺寸图

主要电气特性或机械特性参数如下：

额定电压：14V；

额定功率：350W；

电压为14V转速为 3000 r/min 时的额定电流：20A；电压为14V时的最大电流：25A；

最大使用转速：10 000 r/min;

皮带轮的传动比：对 7526 型为1.8，对7528型为1.6；

旋转方向：7526型为顺时针方向，7528型为反时针方向。

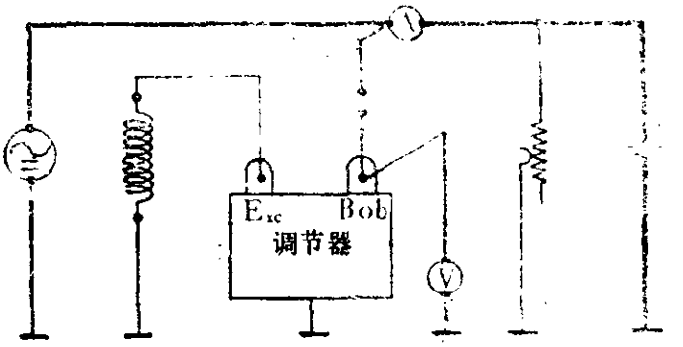


图210　调节器在试验台上的检查

调　节　器

调节器为J型触点振动式电压调节器，总成号为8358。它的设计允许控制电压具有微小变化(波动)，因此要求具有电子调节器的特性。调节电压的调节是通过一个衔铁的精确位移来实现的，因而可以缩小调节器在热稳定方面的调整公差。

当电流量为15A时，调压器的端压应在14.6V与15.1V之间。

不管温度如何变化，热补偿的作用使原来的电压值精度都能保持不变。

在图207中可以看到调节器的三个电阻，它们是：与振动触点并接的调节电阻；与调节线圈串联的补偿电阻；并接在磁场绕组与接地之间的灭弧电阻，该电阻允许通过触点断开时产生的感应电流。

指　示　灯

如图207所示，指示灯接在点火开关与接线柱R之间，一端与点火开关相接，另一端与调节器的正接线柱相连，同时也与发电机接线柱R相连接。

当接通点火开关时，蓄电池到接地形成回路指示灯发亮。电流经过点火开关，调节器正接线柱、调节器触点、调节器磁场接线柱、交流发电机的磁场接线柱、转子线圈和滑环。当交流发电机激磁时，接线柱R的电压升高，此时，指示灯不与点火开关相接的那一端的端压亦升高。当指示灯两端的电压由于交流发电机的电压和蓄电池的电压相接近，这时，指示灯不亮。另外，它还被隔离二极管的通过的电流所短路。

还需指出，当指示灯有电流通过时，它允许蓄电池为转子供电，因此更易于使交流发电机开始发电。当交流发电机发电时，即向磁场绕组供电，供电电流是从接线柱R出发通向调节器正接线柱的整流电流。

交流发电机的检查

要检查充电故障，车上必须备有电流表，其检查方法如下：

将电流表串联在充电电路中(用粗导线)；

将通往交流发电机的激磁接线柱上的电缆拆去；

用一根电线将蓄电池正极和交流发电机激磁接线柱相连，使交流发电机处在全激磁下：

检查传动皮带的张力后，使交流发电机以3500 r/min的转速旋转(也就是使发动机以 1940 r/min 的转速旋转)。

检查与结论如下：

当电流强度高于22A时，电机的输出符合标准。这时充电故障的原因在于必须检查的调节器(见后面)；

当电流量低于15A时，可能是有一个二极管被切断，或者有一个定子线圈被切断。因此必须卸下交流发电机进行检查；

当电流量等于0时，可能是二极管短路或切断，或者转子被切断。这时也必须卸下交流发电机进行检查。

对二极管进行检查是用一个6V或12V的直流电源和一个指示灯，指示灯串接在配有试杆的导线上，通过试杆在二极管两端加电压。这时，若电流只沿着一个方向通过，则二极管是好的；若两个方向均不通电，则说明二极管是被切断；若两个方向都通电，则二极管为短路。由于二极管可以和其支架一起拆卸，所以检查很容易，不需拆焊。

由于电刷架可以拆卸，因此不需拆下转子即可进行检查。绝缘试验是在一个滑环与爪极之间进行。若指示灯发亮，则线圈就不能用了。进行电阻试验时，在滑环之间测得的电阻应在6.8～7.2Ω之间。若电阻过大，则说明有断开或焊接不良的情况；若电阻过小，则转子线圈之间可能有短路。

检查定子时，首先用眼进行观察，看其线圈是否损坏或烧毁。绝缘试验要在拆除二极管后进行。

在试验台上对8358型调节器进行检查时，要按图210进行接线，通过变阻器的作用将充电电流维持在15A，并持续

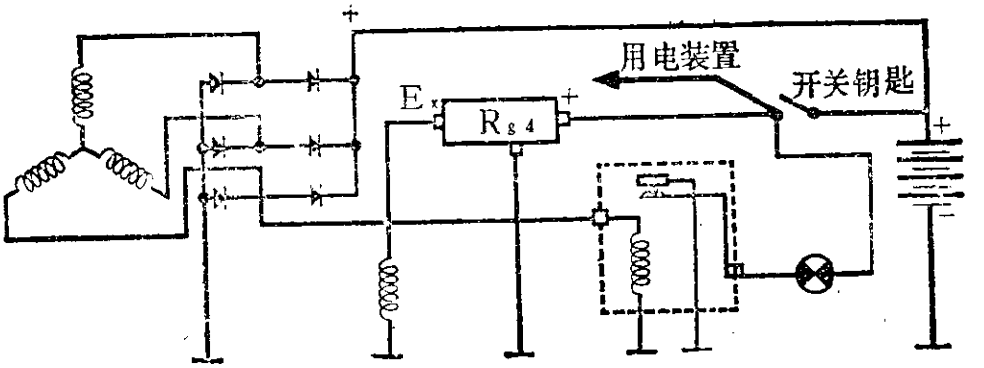


图211　带有充电指示灯继电器和调节器的(六个二极管)三相交流发电机的电路图

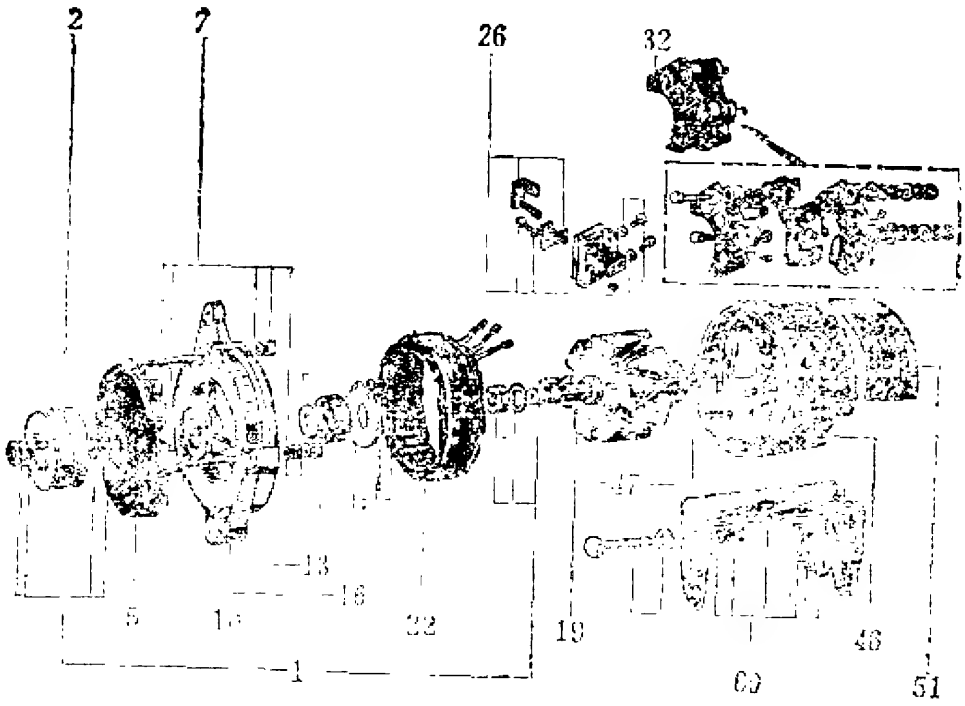


图212　带有老式二极管支架的杜塞利埃三相交流发电机的分解图

60min。然后将调节器电源断开，又再接通，当环境温度为20℃时，电压应在14.6～15.1V之间。

再重复有关电子设备维护的注意事项，即：当交流发电机与蓄电池相联时，在极性未辩清之前，不要使发电机运转。绝不能用正接线柱或激磁接线柱与接地之间短路的方法来进行"检查"。在断开交流发电机之前，绝不能用充电器为蓄电池充电，也不能在车架上进行电弧焊。

下面简单谈谈三相交流发电机的几点情况：

1．图211是带有调节器（Rg_4）与充电指示继电器的星形连接的三相交流发电机的接线装配总图。应该明确指出：调节器与继电器安装在交流发电机的同一外壳中。

2．图212是带有老式二极管支架的杜塞利埃三相交流发电机的分解图（部件代号与名称的对照参看下面第3点）。

3．图213是带有新型整流装置的杜塞利埃交流发电机的分解图，标有代号的部件名称如下：

1．皮带轮安装零件；2．皮带轮；3．垫圈；5．风扇；7．螺栓、螺母及垫片；10．驱动端盖；13．驱动端盖上的滚动轴承；16．滚动轴承安装零件；19．转子；22．定子；26．装有电刷的刷架；31．接线柱；32．二极管支架；46．后端盖；47．后端盖的滚动轴承；51．防护罩；53．接地接线柱；60．支架。

三相交流发电机具有如下特点：二极管为旋纽式安装上的。定子的输出线焊接在整流柜上而不是通过螺帽与螺丝来固定。转子的滑环直径小于滚动轴承的外径，从而可将滑环放入端盖轴承的孔内来防尘。电刷架不可拆卸，可是电刷可以随时取下来。

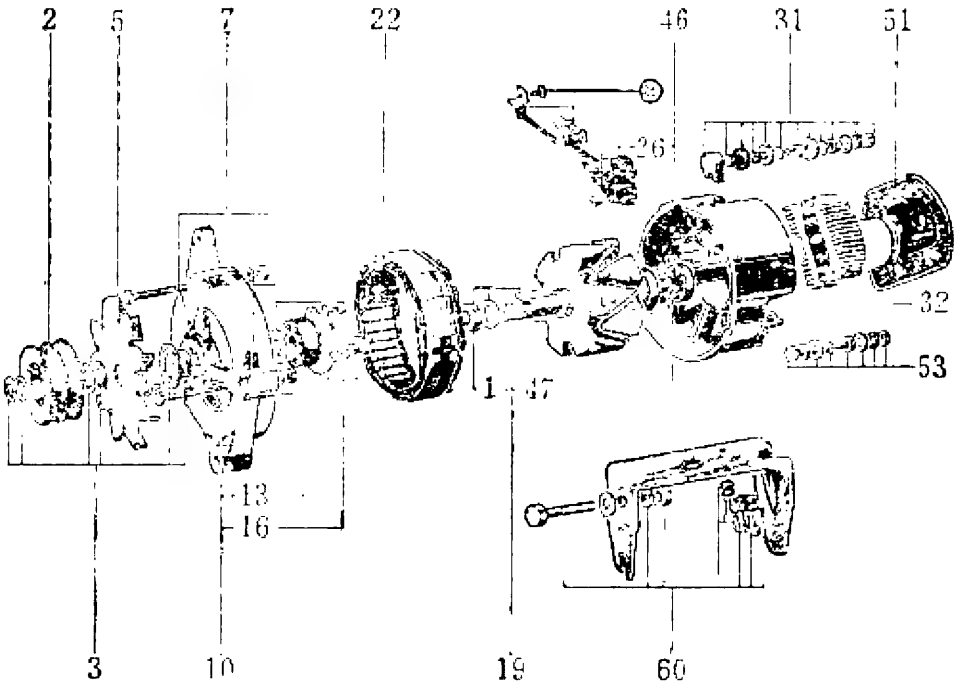


图213　装有新式整流装置的杜塞利埃三相交流发电机的分解图

二十四、杜塞利埃8367型调节器中的二极管用法举例

图214是振动式触点调节器的电路图，图中没有标出用于交流发电机转子磁场绕组的滑环。当触点闭合时，电流通过方向如箭头所示，这时电流不经过被振动触点所能短路的调节电阻。经过触头的电流为经过转子与灭弧电阻的电流之和。当触点断开时，感应电流方向与转子绕组的电流方向保持一致，但与灭弧电阻的电流方向相反，其方向如虚线箭头所示。尽管有这一保护，但触头不仅切断磁场绕组的所用的电流，而且还切断触头接通时通过灭弧电阻的无用的电流。总之，触头是经过计算的，设计流经它们的电流强度比有效

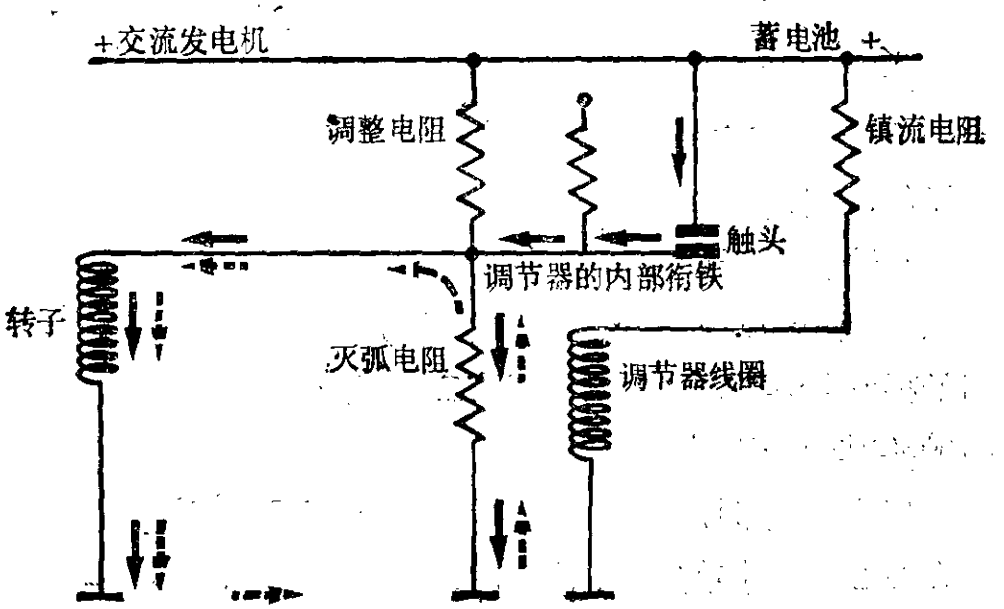


图214　无二极管的传统调节器

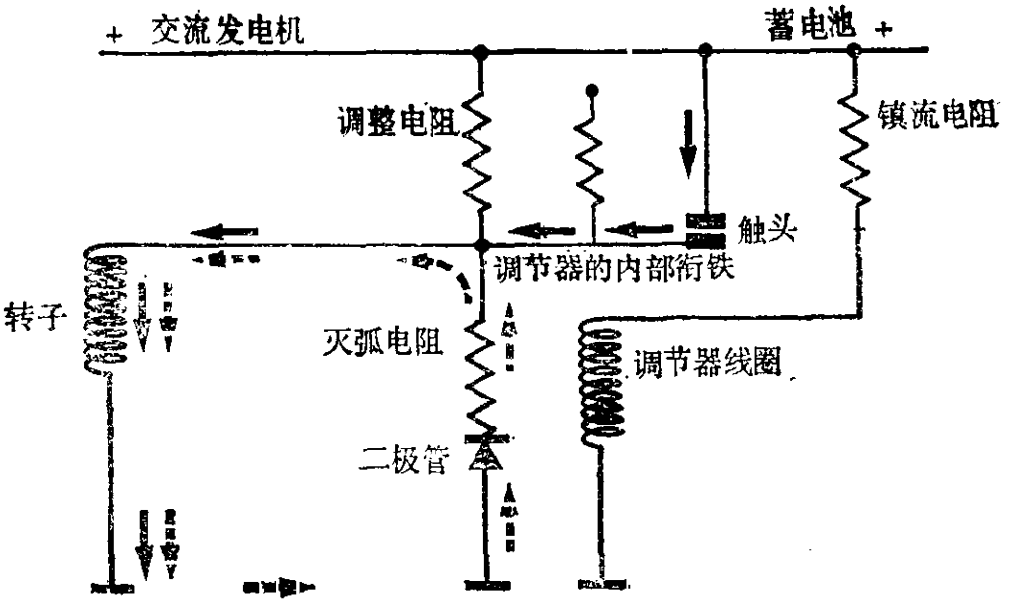


图215　带有二极管的8367型调节器

电流强度要大。如果通过增大磁场绕组的电阻来减小电流强度，就会加速触头的磨损，或者使磁场绕组的效率降低。

杜塞利埃公司针对这一情况采取了补救措施，即在灭弧电阻上串联了一个二极管(见图215)。由于有了这个二极管，当触头闭合时，电流不经过灭弧电阻(如实线箭头所示)，当触头分开时，二极管则允许感应电流经过。所以触头只切断转子的有用电流。

结论：对于同样的触头来说，由于有了二极管，可以提高磁场绕组的电流，如图 215 所示，或者换句话说，对于相同的磁场绕组电流来说，加了二极管的触头要比未加二极管的触头其负荷要小。

以电阻为例，在图 214 那样的情况下，转子电阻为 7Ω；而在图 215 那样的情况下，转子电阻则为 5.5Ω，因而通过转子的电流加大，转子的效率就会更高。

二十五、杜塞利埃单相交流发电机振动式调节器的电容器和指示灯

研制的一种新型电容器，其作用是避免单相交流发电机的指示灯变成淡红色，特别是在减速时。现将其结构原理介绍如下：

单相交流发电机中的指示灯

图 216 标出了指示灯（L）的接线位置。从图中可以看到：两个定子绕组（S）及其两个整流二极管（Re）；

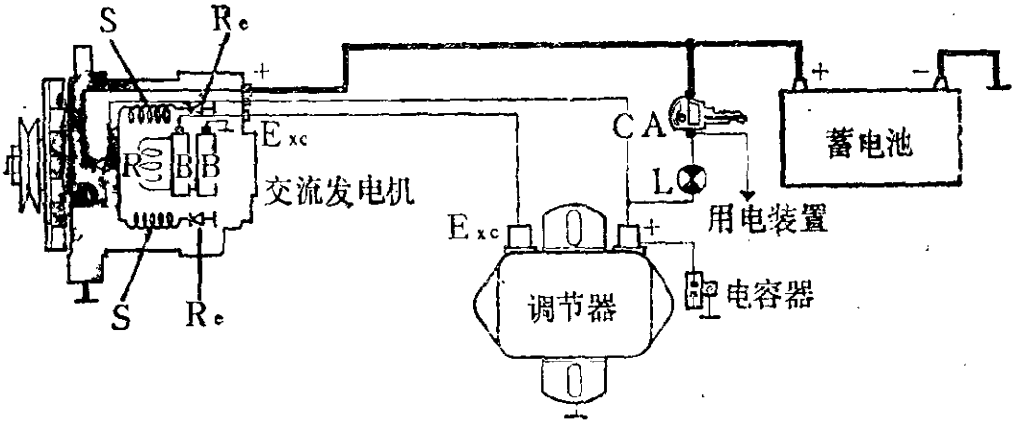


图216　带有单相交流发电机和指示灯的杜塞利埃设备

转子绕组（R）及其两个滑环（B），其中一滑环接地；

一个隔离二极管 DI。应该知道，为了保证指示灯的正常工作，这个隔离二极管是必不可少的（专门装置，比如使用前面所述的杜塞利埃晶体管继电器之类除外）。

指示灯的接线情况如下：

一端接在与交流发电机和蓄电池正接线柱相连的导线上

("+"端);

另一端接二极管 DI 与两个整流二极管之间的一点上。

指示灯电路、点火电路和某些用电装置的电路一样，受点火开关 CA 的控制。

总之，指示灯电路的两端接在与发电机相连的导线"++"上的二极管 DI的两端。

作为转子电路开关的调节器，按传统方式在电路里连接，电路一端接到 DI 二极管和整流二极管 Re 之间"+"端；另一端接地，它是由调节器"+"端经调节器内部的衔铁、磁场接线柱、交流电机的磁场接线柱、转子绝缘滑环，以及它的绕组，然后接地。

对调节器的衔铁起作用的电压线圈（也就是说它的开关作用）接在"+"端和调节器的搭铁之间。

当这个线圈断开衔铁所接的线路时，转子线路就加了调节电阻，它是接在接线柱"+"端和"激磁"接线柱之间的。这种结构，属单级调节。

指示灯的工作情况如下：当发动机停止工作，接通点火开关 CA 时，指示灯 L 发亮，因为这时它仅与蓄电池相连(交流发电机没有发电)，并经调节器、转子绕组和滑环接地。当交流发电机发电时，其电动势与蓄电池的电动势相等，此时指示灯没有端电压，因而熄灭。

如果是一个单相交流发电机，而且在调节器右侧没有接入电容器(见图216)，则由示波器测出的"激磁"端的电压的波形变化是经过 0 的(见图217)。当交流发电机发电时，指示灯熄灭，在交流机输出的电压为 0 时，蓄电池电压要经转子接地，有一段时间会使灯泡重新发亮，特别是在怠速时频率很低指示灯可能变成淡红色。这就可能使司机对发电机的情

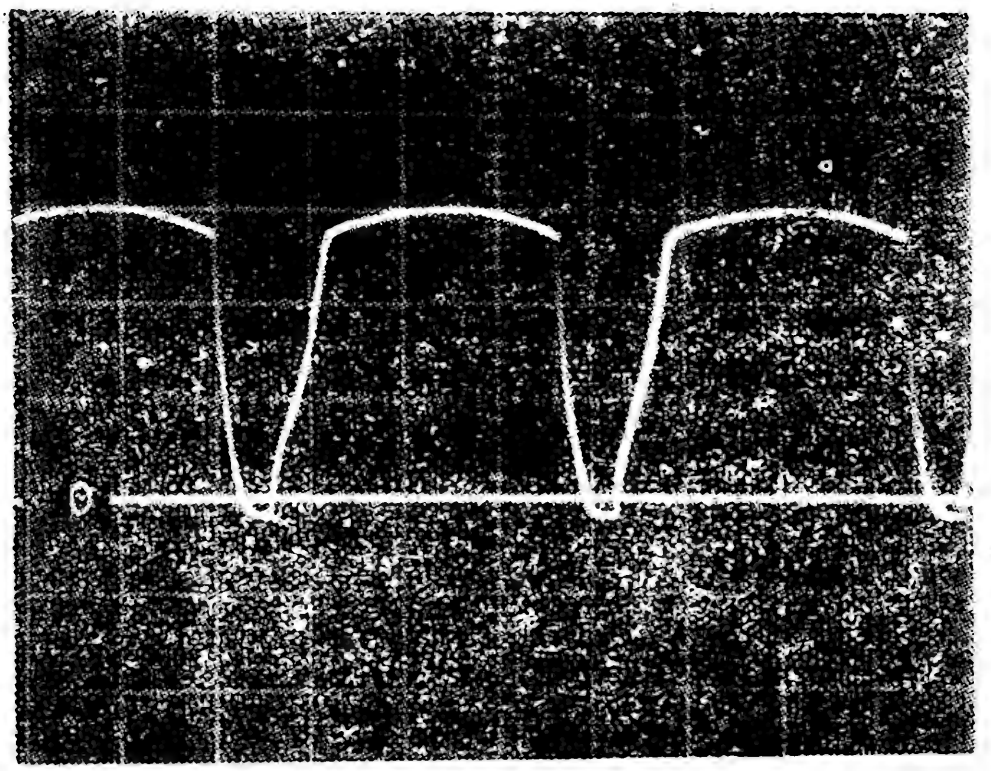


图217　无电容器的激磁电压的波形(杜塞利埃)

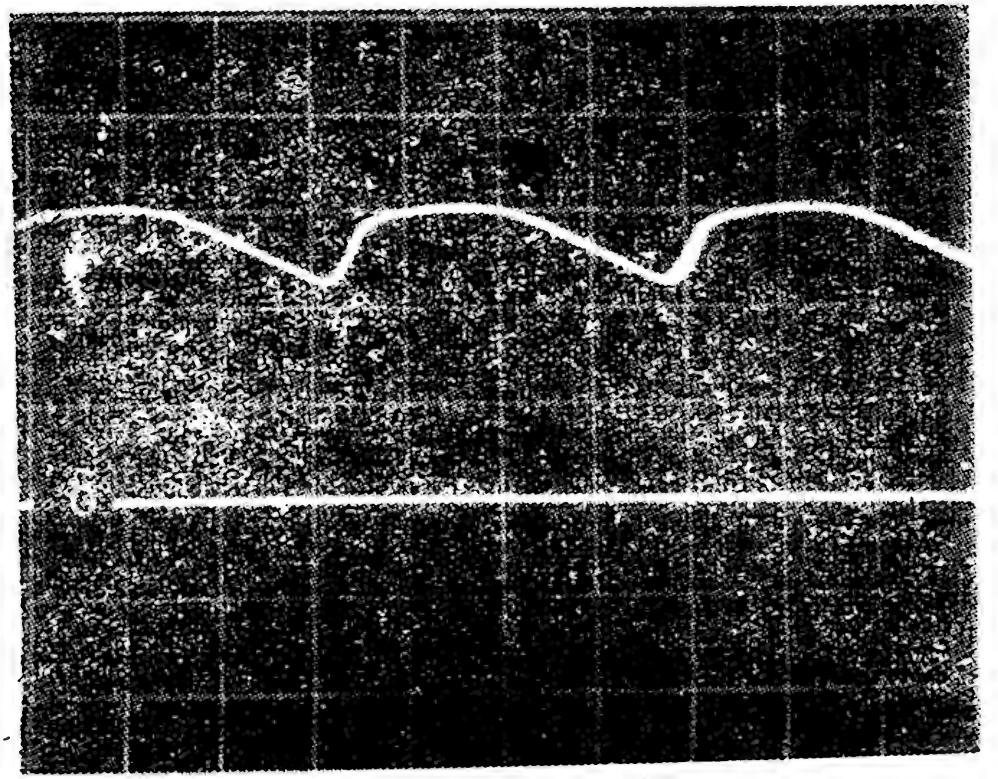


图218　有电容器的激磁电压的波形(杜塞利埃)

况作出错误的判断。

补救办法

杜塞利埃公司找到了克服这种缺陷(指示灯发亮不稳定)的补救办法，即：在调节器“＋”端与接地端之间接上一个电容器，如图 216 所示。该电容器位于调节器右侧，当电压达到最大时，电容器充电，当电压降低时，电容器放电。这样一来，相似用储水箱调节水平面的原理，可阻止电压降为 0，同时在最大电压之间避免产生缺口，图 218 那样的波形代替了图 217 的波形。

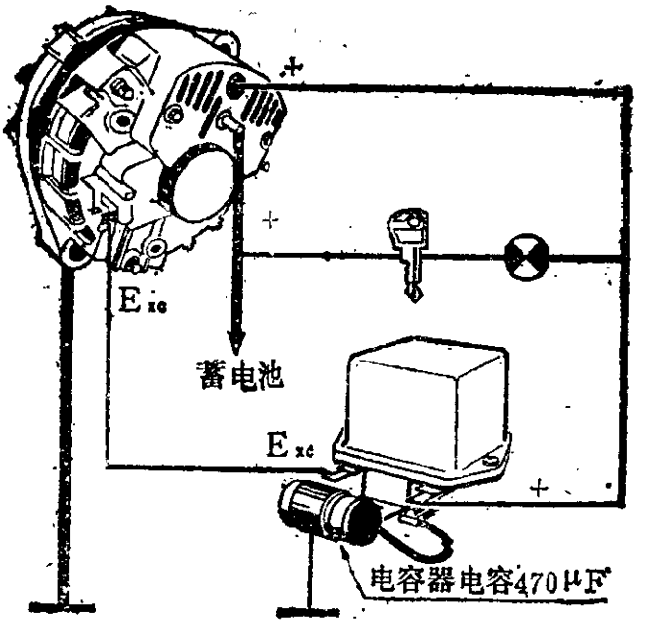


图219　电容器的安装

图 219 是杜塞利埃公司为单相交流发电机设计的8358、8367、8373和8380型振动式调节器的接线图。

应该指出，这个接线原理不适用于电压不会降到 0 的三相交流发电机，实际上，该接线原理也不是不能用于有电子调节器的线路。但电子调节器只用于功率大的三相结构上。

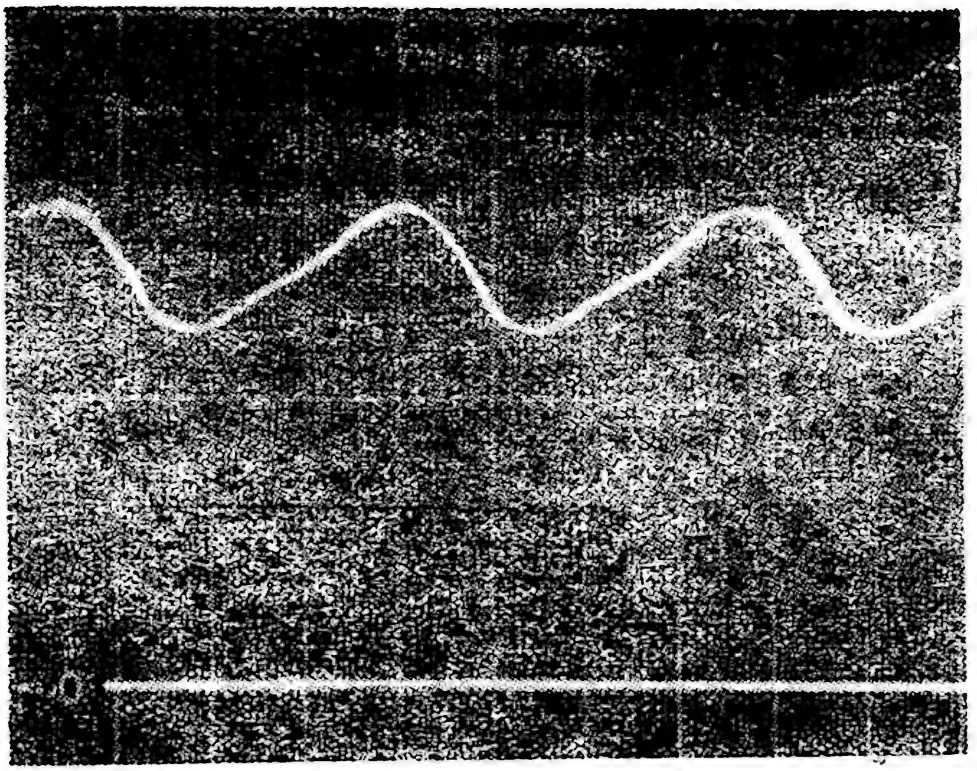


图220　无电容器激磁电流的波形(杜塞利埃)

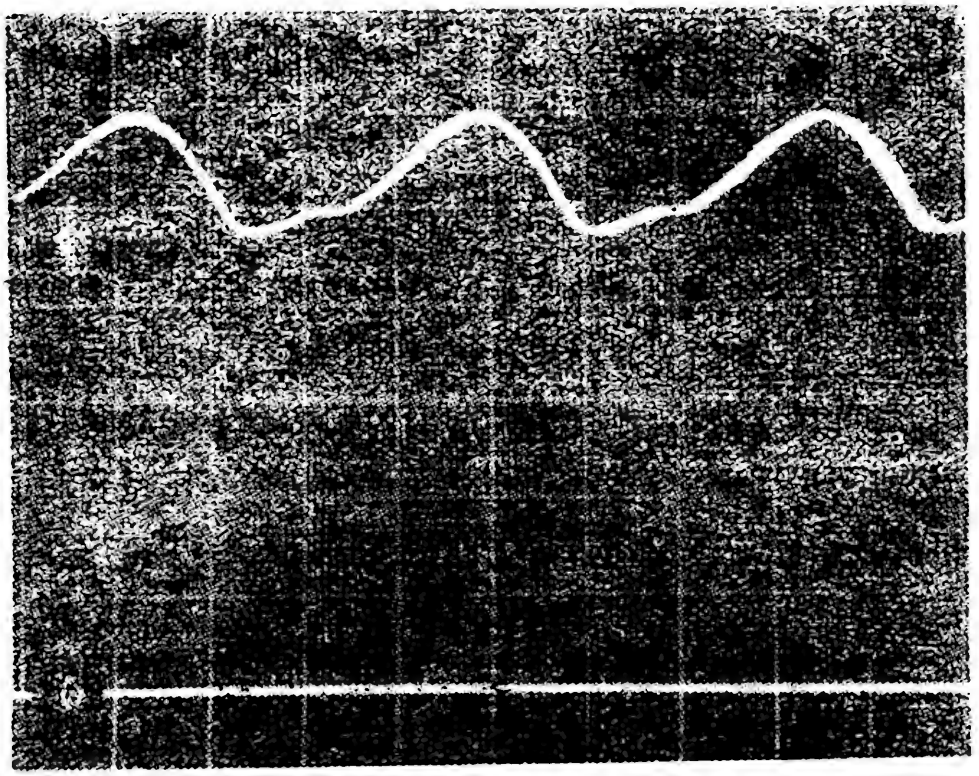


图221　有电容器的激磁电流的波形(杜塞利埃)

电容器的第二作用

对于电容器的第二作用，有必要了解：

（1）对激磁电流的作用：由于波形缺口消失，电压特性曲线的平均值增大（由图 217 的特性曲线过渡到图 218 的特性曲线）。由此可知，激磁电流的变化如图 220 特性曲线所示，在接上图 219 中的电容器后，激磁电流的特性曲线如图 221 所示，其平均值明显上升。

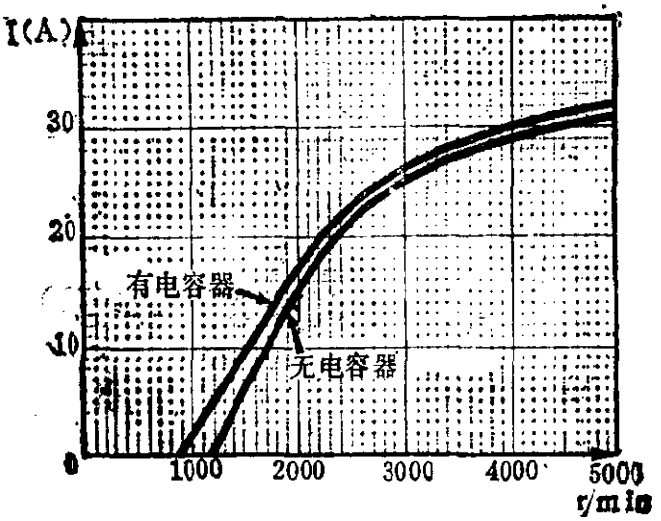


图222　有电容器和无电容器的交流发电机的电流曲线

（2）对交流发电机输出电流量的影响：加入电容器后的直接结果是激磁增大了（输出电流也增大了），如图 222 所示。所以，可以这样说：改变了调节器的调节就可能改变其输出电流，或者说采取加电容器的办法所作的改变，已经变动了制造厂所要求的结构和调节，这样就打乱了原出厂的布置，所以不需在外部装这种电容器，而这种增加是希望由制造厂在出厂时就装好。如果制造厂希望在单相交流发电机上用的指示灯不呈淡红色，即应综合各种因素包括电流来考虑。如果要加电容器就应在指示灯完全熄灭后将输出电流调整到确定值。

二十六、杜塞利埃单相与三相交流发电机的充电和调节电路

一般考虑

在充电和调节电路中，我们首先看到的是下述两个装置：

——交流发电机，作为一种断续的供电装置；

——蓄电池，时而作用电装置，时而作供电装置，总的是作储容装置。

这两个装置密切相连组成一个整体，其工作情况受一个调节器的控制。调节器分为两大类：振动式调节器和电子调节器。本文图中没有标出它们属于那一种类型的调节器，它们都有三个接线柱："+"、"—"和激磁。实际上调节器是磁场绕组的电路开关，起调节电压的作用。

在介绍的六个接线图中可以看到如下装置：

——检查装置：该装置在汽车行驶时显示交流发电机与蓄电池所组成的整体是否在工作，即显示交流发电机是否供电。当汽车停止行驶时，灯是否发亮，用电装置是否能工作，特别是起动机能否起动，均反应了蓄电池的工况。这种检查装置一般是指示灯或电压表；

——保护装置：保险丝或隔离二极管；

——辅助装置：如电容器、继电器等；

下面具体看看杜塞利埃的三个单相交流发电机和三个三

相交流发电机的接线图。

接有保险丝与电压表的单相交流发电机

如图 223 所示，可以看到：

——位于图右侧的蓄电池，其“－”极接地。

——位于图左侧的交流发电机及其两个绕组S，其绕组一端通过整流二极管 Re 接地，另一端通过保险丝 F 与公共点相接。该公共点与交流发电机的正极相连。磁场绕组R的两端分别接在两个与炭刷相接触的滑环B上。这两个滑环一个与交流发电机的激磁端相连，另一个接地。

——调节器。它有两个接线柱：激磁接线柱（与交流发

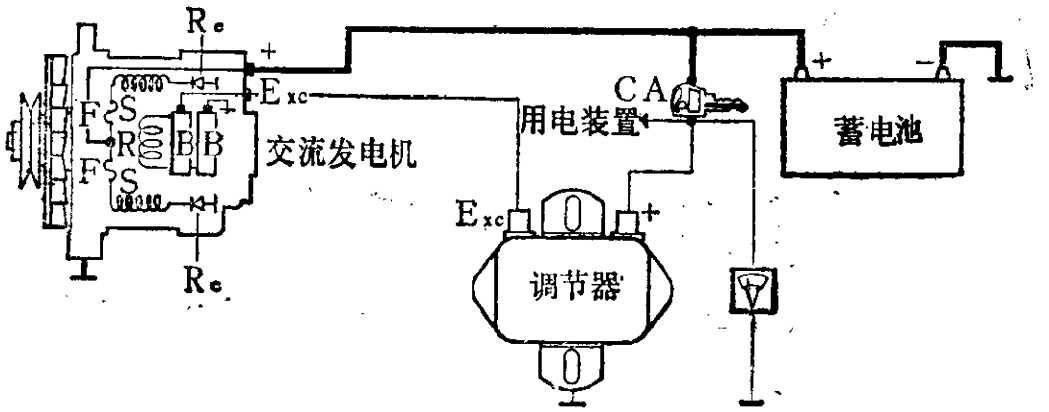


图223　接有保险丝和电压表的单相交流发电机

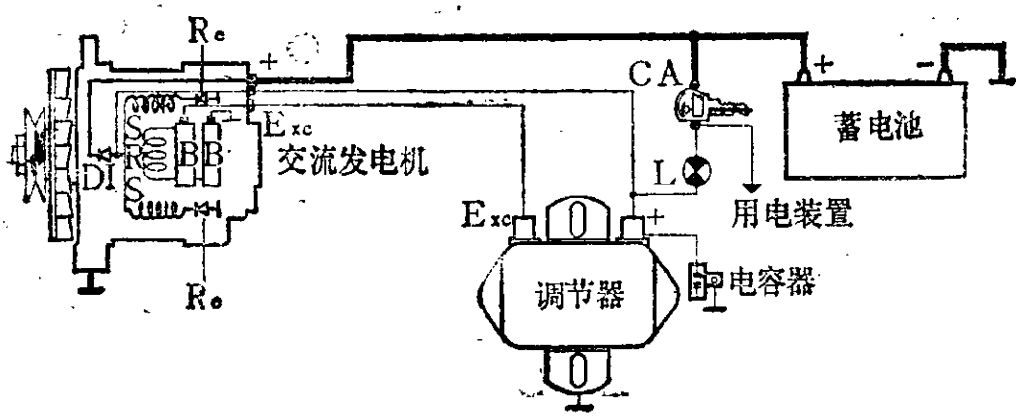


图224　装有绝缘二极管和指示灯的单相交流发电机

电机的激磁接线柱相连)和正接线柱(它通过点火开关 CA 与供电装置的"+"端的导线相接)。调节器的接地线为调节器底座体。当点火开关接通时，则将正导线与调节器"+"端、用电装置以及电压表相连接。

交流发电机的安全由保险丝来保证。实际上，二极管要是发生损坏，就可能导致蓄电池通过定子线圈大电流放电。但这种保险丝装置不能起到再保护用电装置的双重作用。

检查是通过观察电压表来进行的。当电压表指针指在 0 位时，指明开关接通，电压表指出的是蓄电池开路状态下的电压。然后充电电压加大。通过对电压表的观察，可了解到交流发电机的工作情况。

接有绝缘二极管和指示灯的单相交流发电机

如图 224 所示。与图 223 相比，在该图中可看到：

——取消保险丝 F 代之以绝缘二极管 DI，该管在两个绕组 S 的公共点与交流发电机的"+"接线柱之间。

——用指示灯 L 来取代电压表。

安全是由放在整流二极管的护板上的绝缘二极管来保证的，这个护板是附加上去的，当然就不用在特定分路上加保险丝，而可以重复使用了。

检查是通过与绝缘二极管相连的指示灯来进行的，指示灯的一端经钥匙开关与接线柱"+"端相接，另一端也接"+"端。但该接线柱位于交流发电机内的绝缘二极管 DI 和整流二极管 Re 之间。当发动机停止工作，钥匙开关接通时，指示灯 L 发亮，因为它的一端与蓄电池"+"极相连，另一端经调节器"+"端，通过调节器内部，到激磁端再联接交流发电机激磁端、一个滑环、激磁绕组、另一滑环，而后接地。当

交流发电机以足够快速运转时，发出足够高的电压，并为与它相连的指示灯一端提供一个正电势，此电势与指示灯的另一端的蓄电池电压反向，因而灯熄灭。

由于发电机电压在两个半波之间的电势为0（别忘记这是单相交流发电机），指示灯这时的电势也为0，因而重新发亮或者至少发红。为了避免这一现象可能对司机造成错觉，我们在调节器“+”端与接地之间接入一个电容器（见图224），这样使电压得到调节，可以避免指示灯发红。

带保险丝、指示灯和电子继电器的单相交流发电机

从图224中看到隔离二极管作用有二：即保护作用和熄灭指示灯的作用，图224上的二极管DI这时就通过输出电流使指示灯短路。线路图225中取消了隔离二极管，代之以图223中的保险丝，并为指示灯接入一个专用电子继电器。

安全是由保险丝F来保证的，就象图223所指出的那样。

检查是看指示灯的发亮或熄灭。专用电子继电器的工作原理已在本书22章中叙述过。

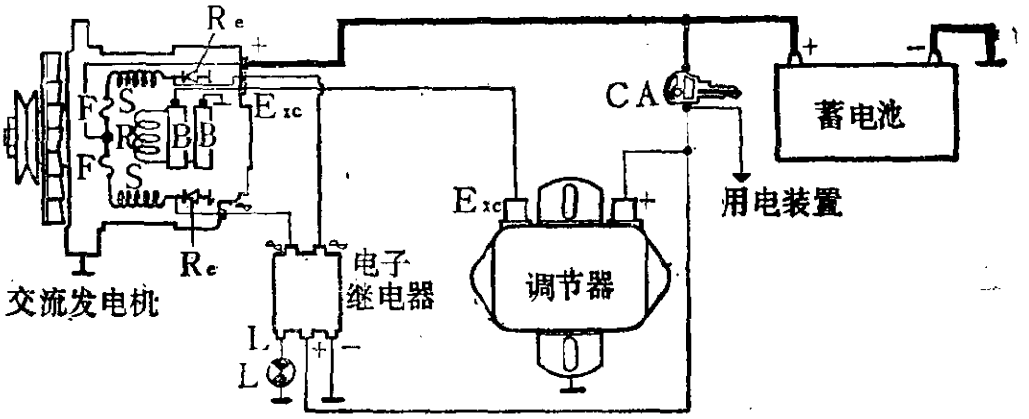


图225　接有保险丝、指示灯及电子继电器的单相交流发电机

由电热式电压表进行检查的三相交流发电机

现在谈谈三相交流发电机。这里没有必要再谈论防止蓄电池对交流发电机放电问题。实际上，在单相交流发电机中只有一个二极管对破坏性电流安全性差。在三相交流发电机中，由于存在整流桥，有两个这样的二极管。当电流经“＋”端进入交流发电机时，必须通过两个二极管再到护板接地（图 226）。短路危险就可大大减少。

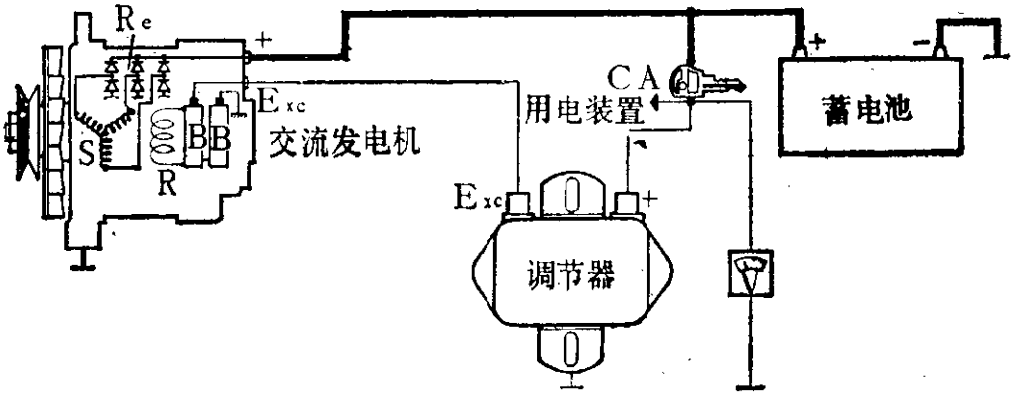


图226　带有电热式电压表控制的三相交流发电机

用来进行检查的电热式电压表对三相电流是很灵敏的。

图 226 中可找到如下标记，其含义是：

——S 代表三个定子绕组；

——Re 代表传统的整流器；

——R 代表转子绕组；

——B 代表滑环；

——CA 代表点火开关。

由指示灯和电磁继电器进行检查的三相交流发电机

图 227 是这种交流发电机的接线图。

用钥匙接通点火开关后，指示灯发亮，因为来自“＋”极

的电流经过指示灯，经指示灯的接线柱L进入调节器（该调节器中有一个继电器），通过继电器触点然后接地。其线路在图上已给出，它是一个能够打开接指示灯触点的线圈。该线圈是由接线柱R和接到转子绕组中的一根导线1ND供电的。

该装置的工况显而易见：停车时，转动钥匙，使指示灯发亮。如果发动机转动，交流发电机激励，则与1ND导线相连的绕组对调节器的继电器线圈激磁(不是调节器线圈，而是指示灯线圈)，使接指示灯的触点断开指示灯L熄灭。

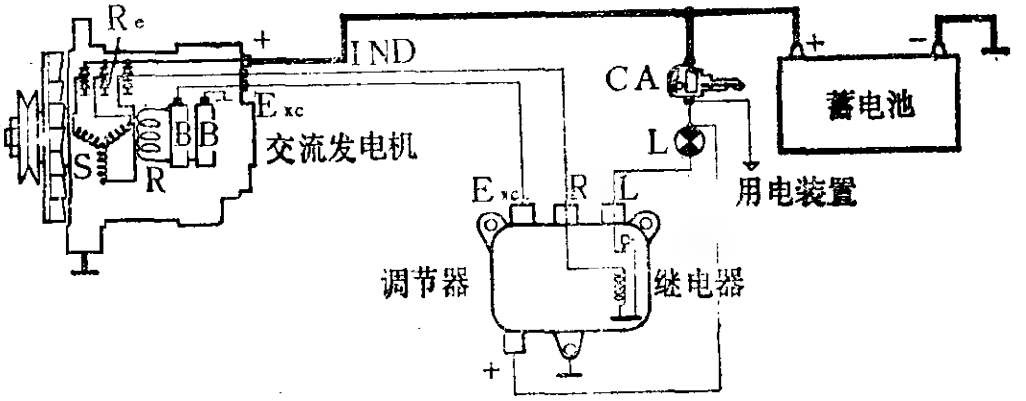


图227　带有指示灯和电磁继电器控制的三相交流发电机

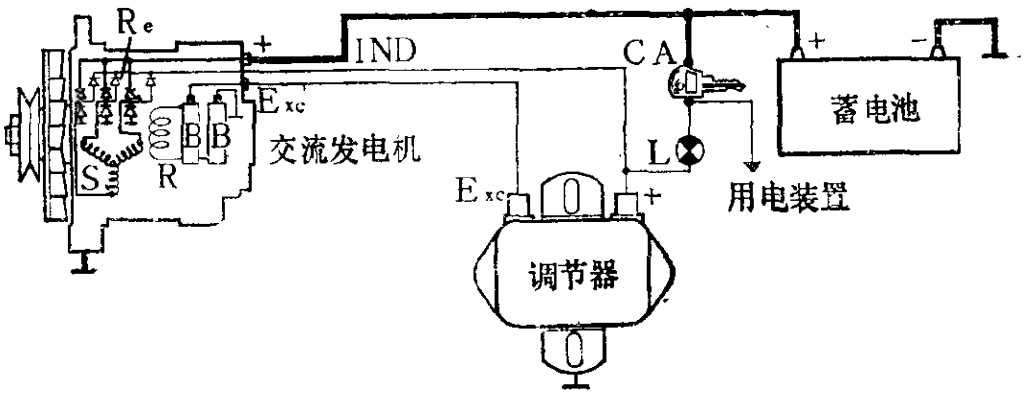


图228　带有指示灯控制的九管三相交流发电机

带有9个二极管并由指示灯进行检查的三相交流发电机

图228是这种三相交流发电机的线路图。此线路采用了三个专门用来激磁的二极管，利用它们来熄灭指示灯。从激磁二极管出发而不是从整流二极管出发的导线IND与调节器正接线柱相连，通过指示灯L。当它的正电势升到足够大时，也就是说近于蓄电池的正电势时，指示灯熄灭。

二十七、杜塞利埃内装式晶体调节器

随着汽车用电装置的逐渐增多，1975年生产的交流发电机因其功率的增大而引起了重视，其功率为800、1000、甚至更大些。这种趋势促使采用晶体调节器。下面以杜塞利埃内装晶体调节器为例，并且从结构着手，探讨三个工艺技术方面的问题：

1．从调节器的各个部分，将振动式调节器和晶体调节器作一比较；

2．通过"简略地"研究高度发展的"Darlington"晶体管，谈一下晶体三极管；

3．另外，谈一下电子元件的结构，制造及其微型化。

除了某些基本的细节以外，下面将谈到晶体调节器的传统的基本原理，包括齐纳二极管、晶体三极管、二极管、电容器和电阻。对于晶体管、电容器和电阻等基本特性，因读者较为熟悉，就不再赘述。

振动式调节器和晶体调节器

最通常的情况下，前者装在小功率的交流发电机上。后者装在大功率的交流发电机上。目前，这种发电机的功率普遍增大，有利于晶体调节器的采用。

研究这些结构彼此之间存在着某些相似之处，然而在详细地对其起同样作用或起相似作用的元件加以区分时，就不

是没有差异了。当然相似总是有微小差别；为此，对这些不同之点加以说明。

对下面所列的表试图作一个比较。现在准确地说明第一栏中的各项：

功　　能	振动式调节器	晶体调节器
基本部分调正	节压线圈	分 压 器
比　　较	弹　　簧	齐纳二极管放电
转　　换	吸引或释放振动臂	控制二极管导通或闭锁
功　　效	打开或闭合触点	功率晶体管动作
附加部分加速作用	加速补偿线圈	加速作用的电路电容器
温度的补偿	热敏电阻或双金属片	二极管或电阻

调正是要确定要调整的数值，交流发电机则是调整电压值；

比较是指比较这个数值的大小：振动式调节器是比较电磁力的传递和机械力，而晶体调节器上则是比较晶体三极管的导通和击穿电压；

功效是这二种情况转换所产生的有效作用，如果是晶体调节器，则还有其它各种方式。

杜塞利埃电路图

图229所示的是杜塞利埃内装晶体调节器的电气线路图。该电路图是非常典型的。现说明如下：

——复合晶体管 Q_2，是按照复合晶体管安装原理（见图230），由二只 NPN 晶体管组成，并带有一只电阻 R_3，该电阻起防止过压的保护作用。整个用虚线围着的并以一只有三

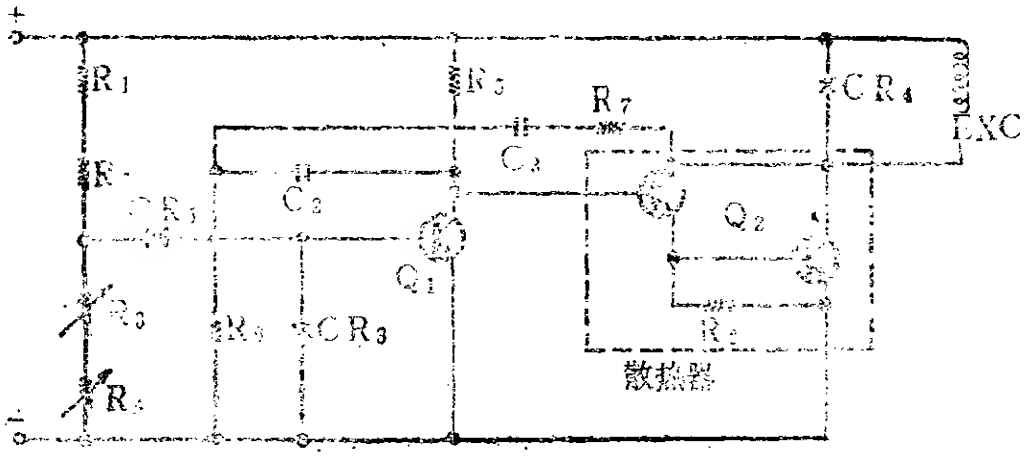


图2-9 杜塞利埃内装晶体调节器电路图(根据制造厂的图纸)

个极性的晶体三极管的方式出现。这是一只装在散热器上的功率晶体三极管。

——NPN 型控制晶体三极管 Q_1，其基极与齐纳二极管相接。

——电阻 R_1、R_2、R_3、R_4 组成一只电位器；R_3 和 R_4 是一次性可调电阻，其中一只为标准电阻；一只在装配时可用喷砂法校正的。

——CR_3 是一只防止过压的保护二极管。

——R_7-C_3 和 C_2 线路是加速线路，其作用是通过降低工作频率和减少温升，改善晶体三极管的开闭作用。基本元件是电容器，它是不能通过电流，但不会使电压突变。

——CR_4 是一只磁场线圈自感放电的二极管。

当然，杜塞利埃调节器内还装有热补偿装置。

复合晶体管装置值得说明一下：

复合晶体管装置(图 230)

简略地说明一下三极管的组合，尤其是在调节器上的应用，十多年以来，由于工艺上一系列问题和温度稳定问题，这种装置一直得不到发展。

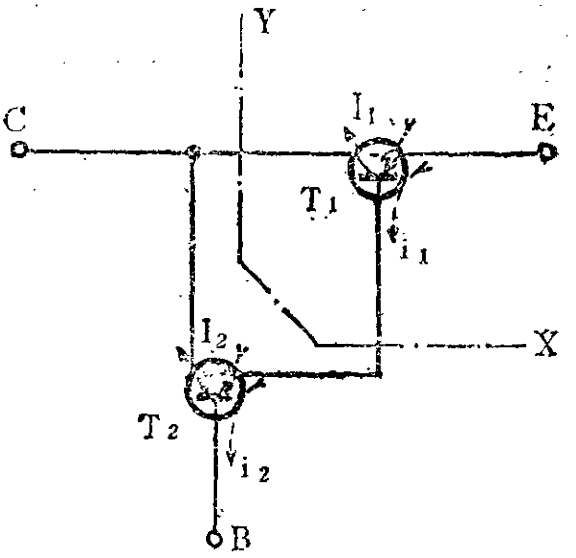


图230　复合晶体管的组装原理图

这种装置的结构是这样的：

这是二只晶体三极管的组装，二条发射极-集电极电路是分接的，发射极-基极电路是串联的。组合件有三个接头或者是三只插片。我们可以把它当作仅仅是一只有一个发射极、一个集电极和一个基极的晶体三极管。

复合晶体管装置的优点是改善了晶体三极管的增益，也就是说，改进了下述关系：

(集电极-发射极电流)/(基极-发射极电流)。

不单从技术角度着眼，而多考虑效率概念：晶体三极管是一种开关，它让电流通过，但在基极分路上有一定的电流损耗。但要使这部分尽可能小，并能收回其中一部分。

图230用二只PNP型的晶体三极管T_1和T_2组成复合晶体管，它们就象一只单独的晶体三极管，E为发射极，C为集电极，B为基极。设想用XY线把T_1隔开来，在T_1导通时产生一个发射极-集电极电流，如果i_1为有用的电流，则i_1具有一定的数值，从技术上要求i_1要尽量小。

但是我们可以设法在XY线的另一边的晶体三极管T_2的发射极-集电极电流中取回一部分i的电流，但必须消耗i_2作为T_2的基极电流。

I_2电流与I_1汇集到复合晶体管装置的总的集电极C点。

调节器的一般的工作原理

调节器的一般工作原理扼要叙述如下：如果电压达不到齐纳二极管的击穿电压，齐纳二极管就不导通，因而控制三极管Q_1的基极是负电位，因而该晶体三极管处于截止状态，任何电流不能传输到集电极和发射极之间。借助于电阻R_5使功率晶体三极管Q_2的基极为正极，Q_2导通，并使磁场线圈通电。交流发电机的激磁电压增大。

这样，由于交流发电机激磁增大而使电压增大，达到了齐纳二极管的击穿电压，齐纳二极管导通，控制晶体三极管的基极变为正电位。此时三极管开始导通，发射极和集电极之间产生电流，功率晶体三极管的基极电位开始变负。当功率晶体管截止时，磁场线圈内的激磁不通电流。由于激磁电流切断，电压下降，齐纳二极管重新开始关闭。进入新的循环。二只晶体三极管是轮流工作，调节电压值可调节分压器的电压降来获到。

调节器的电路的实现

可以采用三种技术：

（1）印刷电路——这就是杜塞利埃公司采用的。这种线路是传统和古老的。主要是在印刷线路板上焊有电阻、二极管、晶体三极管等构件。印刷电路是一块有导线的板，作为元件的底座。这一总成一般就是一个重要的散热表面，这一

点对功率元件的使用是有益的。

（2）厚膜电路——在这种技术中，印刷电路被小型的、散热率有所提高的、称之为“基片”的陶瓷体所取代。在这陶瓷基片上，导线和电阻是用蒸发金属方法印上去的。

这种情况的特点是：可用喷砂或激光法将电阻修整到理想值。晶体三极管和二极管均是小型元件，它们固定地被焊在基片上。厚膜电路在体积不大的情况下散热良好。这是一种最近实现的类型，它需要通过高超的方法才能做到，因而进行成批生产是艰难的。

（3）集成电路——一般是通过扩散杂质，将称为“单晶体”的硅片直接处理而成，它是在硅片内部形成：电阻、导线、二极管、电容器和晶体三极管等所有电子元件和构件。

调节器的内装

通常晶体调节器固定在电刷架上，成为电刷架的不可分隔部分。这样使检查或更换非常复杂而且使用成本高。杜塞

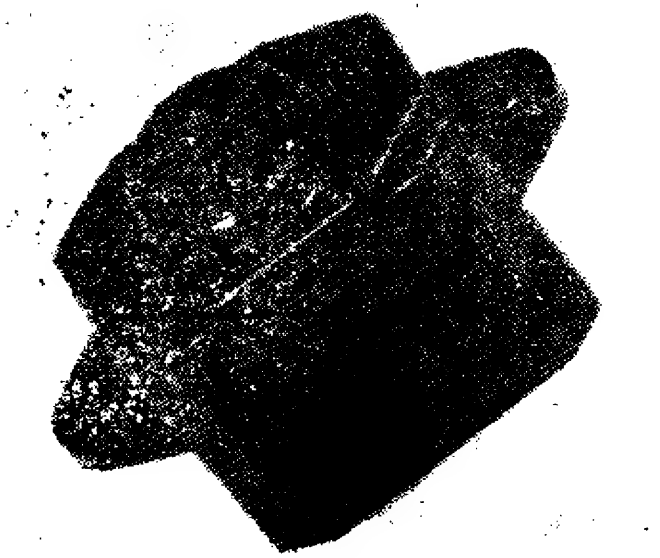


图231　杜塞利类晶体调节器

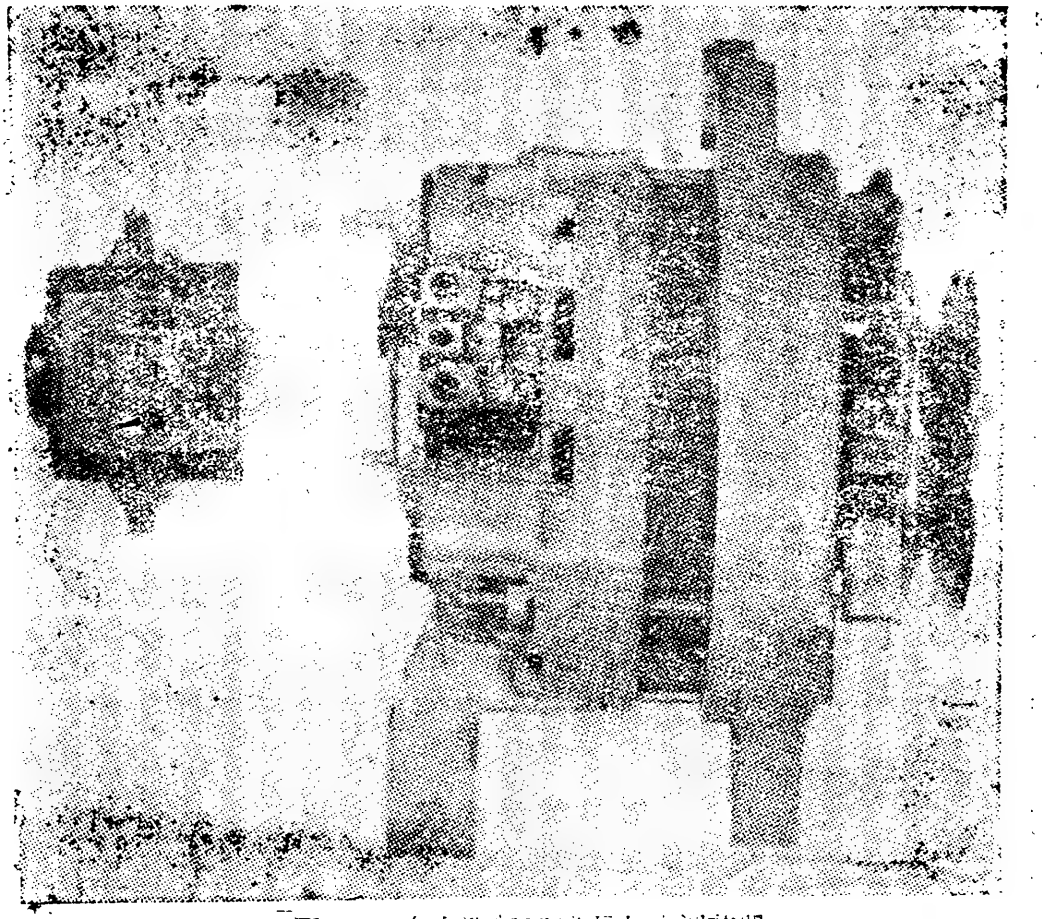


图232 [illegible]

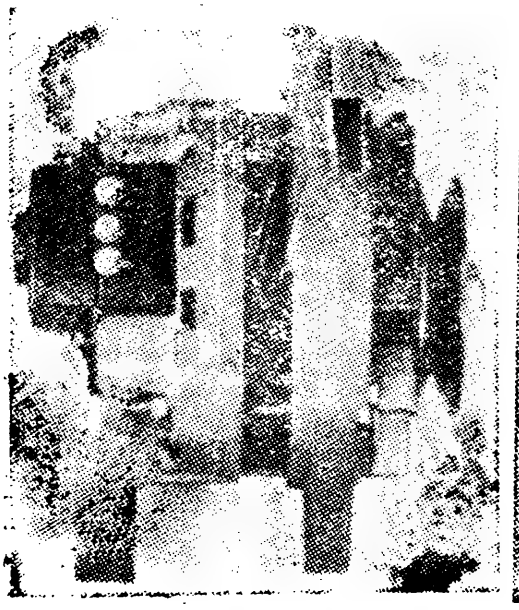


图233 安装在交流发电机上的调节器

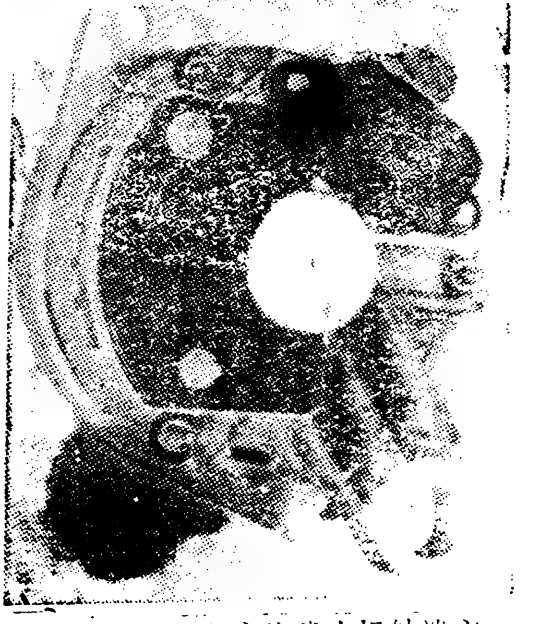


图234 从交流发电机轴端方向看的晶体调节器

利埃调节器完全与电刷分开的。图 231 所给出的是这种装置的杜塞利埃 800W 交流发电机（9 管，直径 127）的照片。

图 231 示出杜塞利埃晶体调节器的外形和比例。

图 232 示出电刷架支座上的晶体调节器固定座，可用三只长螺钉来固定调节器。

图 233 示出装置在电刷架端面上的晶体调节器。

图 234 示出从与风扇相反的轴端看，在轴的右上端为内装晶体调节器，在轴的左边为一只保护二极管用黑色的罩盖。

二十八、西班牙FEMSA交流发电机

下面介绍的是西班牙 Magneto-SA 厂（FEMSA）的交流发电机，并以其中一种型号的技术情报资料作为举例。

系 列 范 围

下页表简述FEMSA交流发电机基本系列及其基本特性。其范围从 12V，29A的 ALN 单相交流发电机到 ALA90 型的24V，92A的三相交流发电机(ALC 型是淘汰产品）

图235 ALT 交流发电机外形照片

在这二者之间，交流发电机有很大的差异，其绕组有星形的或三角形的。其中三角形接法匹配的调节器从触点振动式到用厚膜电路制造的各种型号的电子调节器。这些调节器有装置在交流发电机内部或单独安装。

举 例

以 ALT 交流发电机为例，其外形照片如图 235 所示，图 236 是外形尺寸图。它是传统的三相交流发电机。9 只硅二极管整流器装在滑环端的支座上，其中 6 只二极管起整流

交流发电机的系列及其特性

型　号	额定电压(V)	最大电流(A)	最高转速(r/min)	相数	旋转方向	净　重(kg)	配用调节器型号	调节器的安装
ALA70	24	70	8000	3	任意方向	17	晶　体	单独
ALA80	24	74	8000	3	任意方向	17	晶　体	单独
ALA90	24	92	8000	3	任意方向	17	晶　体	单独
ALB35	24	35	12000	3	右　左	4.8	晶　体	单独
ALE24	24	35	12000	3	右　左	4.8	晶　体	内装
ALJ24	24	35	12000	3	右　左	4.8	晶　体	单独
ALM24	24	25	12000	3	右　左	3.4	晶　体	内装
ALB40	12	45	12000	3	右　左	5	触点式	单独
ALB40S	12	45	12000	3	右　左	4.8	晶　体	单独
ALD	12	31	12500	3	右　左	3.2	触点式	单独
ALE12	12	38	12000	3	右　左	5	晶　体	内装
ALF12	12	31	12000	3	右　左	3.2	晶　体	内装
ALG	12	18	12000	3	右　左	3.2	触点式	单独
ALN	12	29	12000	1	右　左	3 2	触点式	单独
ALC	12	26	15000	1	任意方向	3	触点式	单独
ALP	12	40	12000	3	右　左	3.2	晶　体	内装
ALT	12	31	12000	3	右　左	3.2	晶　体	内装
ALM	12	40	12000	3	右　左	3.4	晶　体	内装

作用，3只二极管使充电指示灯动作。但FEMSA厂的某些交流发电机仅仅只有6只二极管。

ALT交流发电机的额定电压为6V，在转速为1100r/min时就开始有电流输出，在转速为6000r/min时达到最

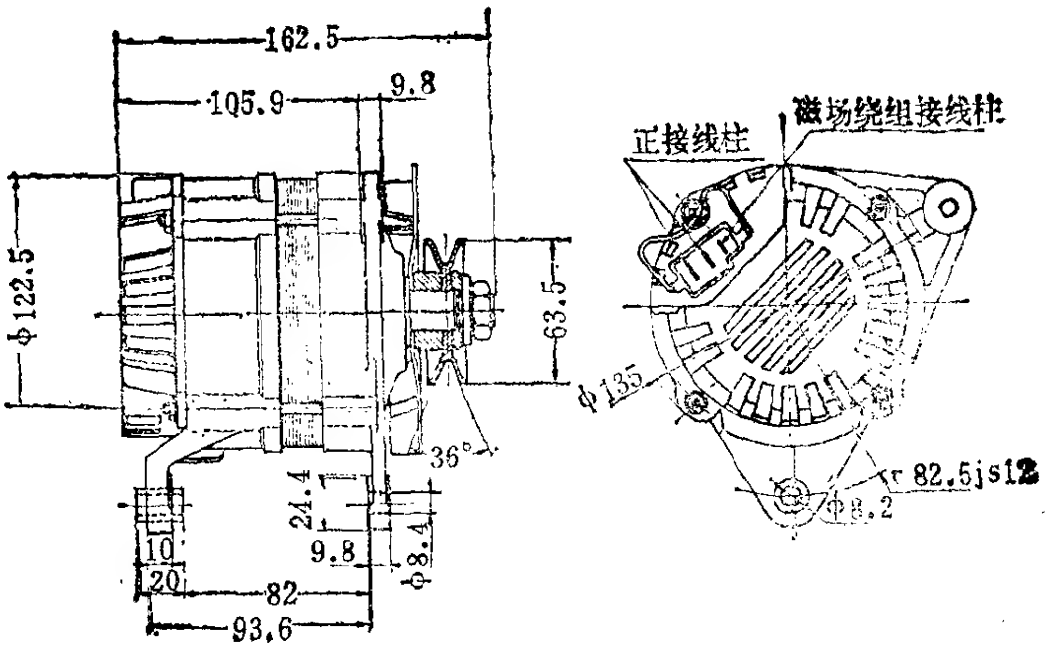


图236　ALT 交流发电机的外型尺寸图

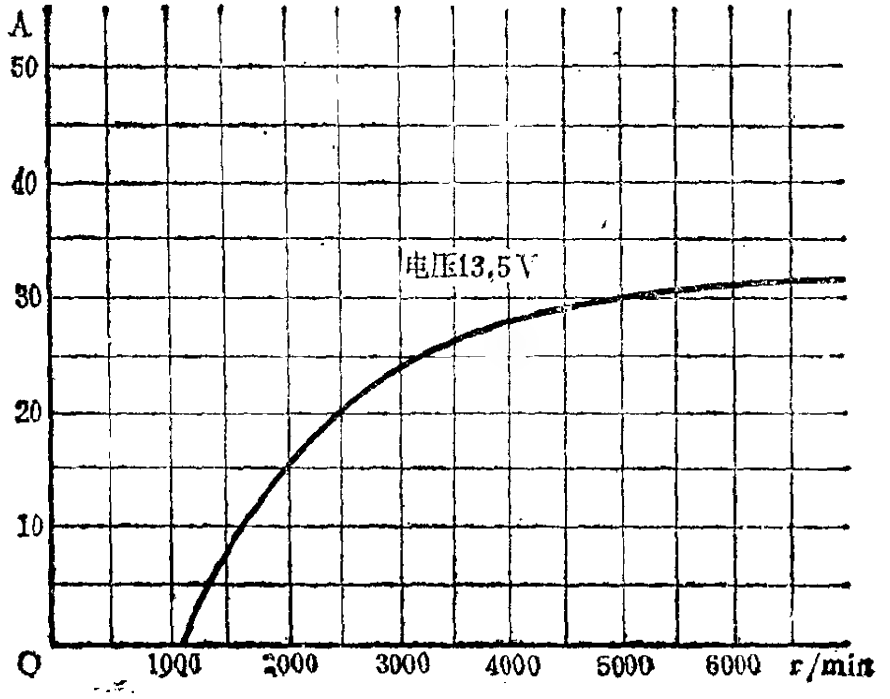


图237　ALT 交流发电机输出特性曲线

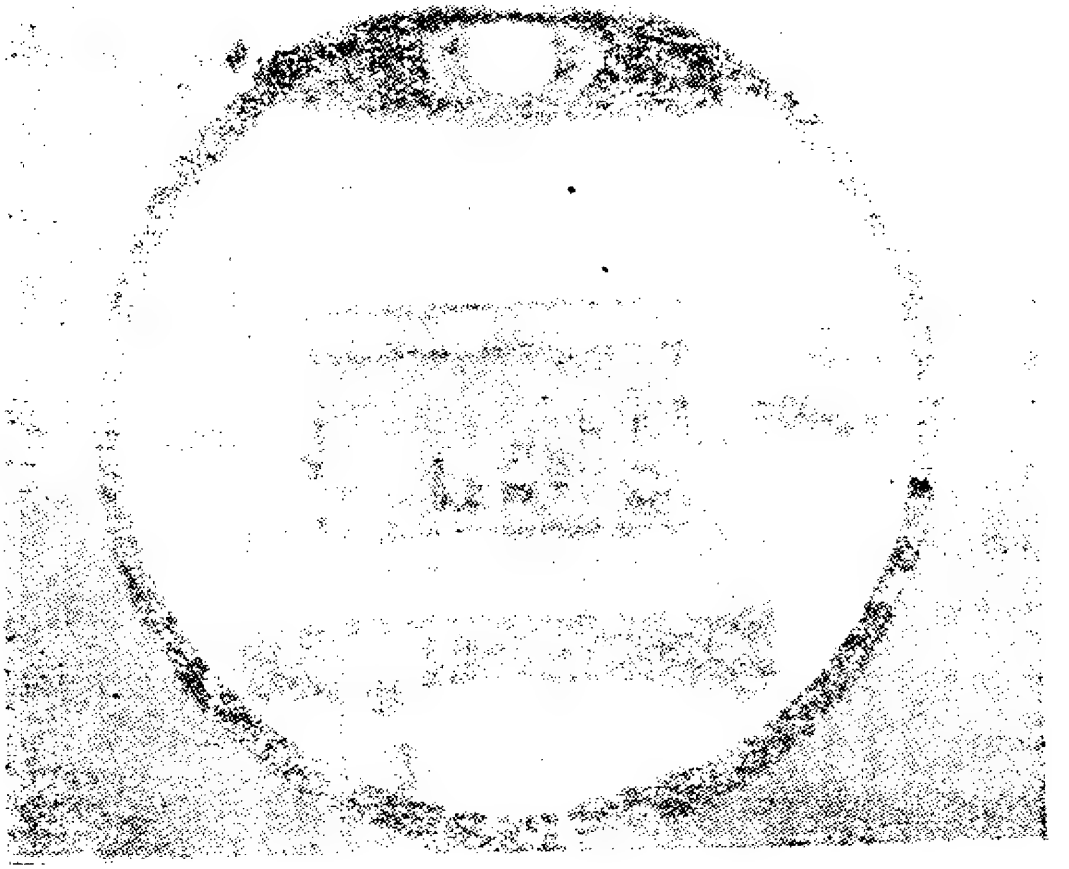


图238 ALT 交流发电机内部调压电路电子调节器

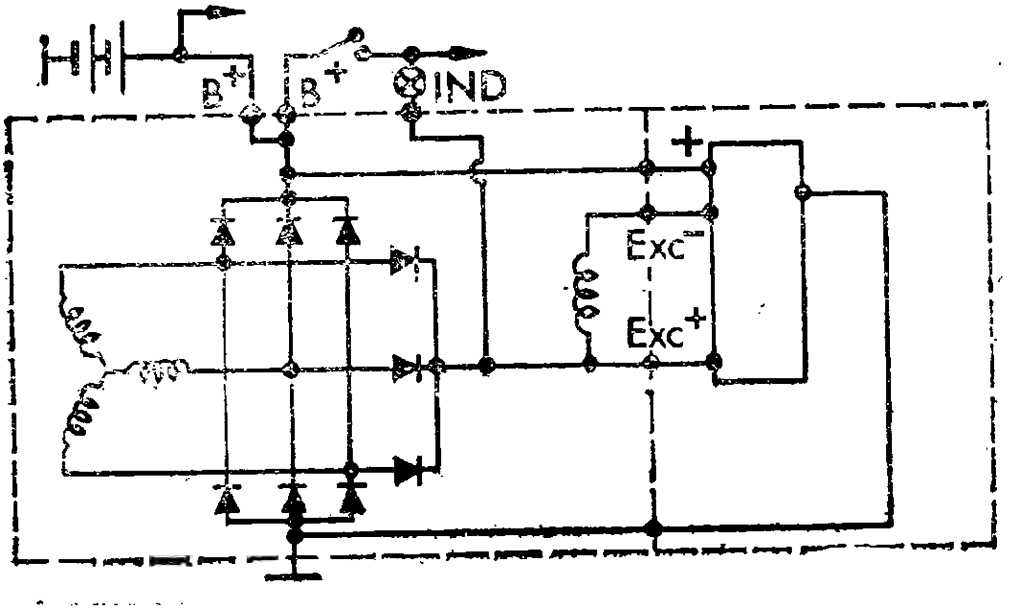


图239 ALT 交流发电机及其装配线路图

大电流值 41A（见图 237）。

内装厚膜电路的电子调节器是用三只螺钉固定在交流发电机滑环端的支座上。

图 238 照片为其外形。

从图 235 上可以看到，在白色本体上黑色塑料盖子上有几道隔缝，其作用使电机通风。电压的调节是在狭小的调节范围内进行，即在温度 25℃时 14.3～14.5V 之间。

图 239 为用电子调节器的接线图，在该图上特别明显示出交流发电机的三个接线柱。此接线柱在图 235 的左下方可以看到，在图 236 上则在左上方可见到。

二十九、菲亚特 FIAT 交流发电机及其配件

交流发电机

图 240 是菲亚特交流发电机的总成外形照片。它包括有：定子、转子、端盖、6 个整流二极管。在此介绍一下它们的某些特点：

——定子呈星形连接，有一根专用导线使中性点与发电机的一个专门接线柱相联，以后将介绍这个专门接线柱对于充电指示器的作用。

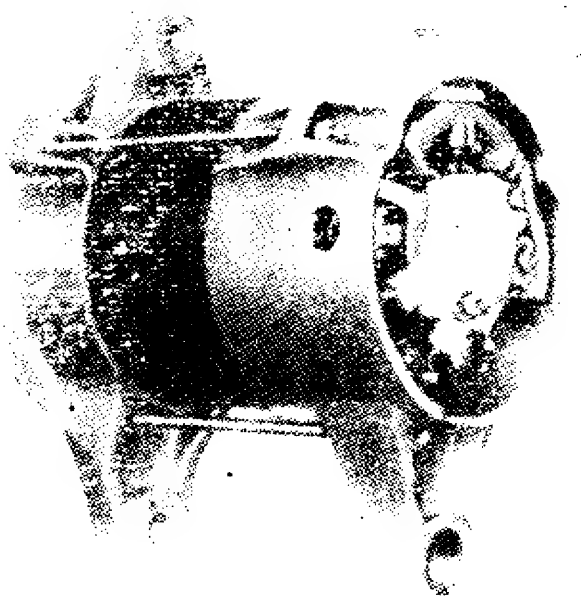


图240　菲亚特 ATR110 型交流发电机

——转子有4个磁极，都属于工业交流发电机用的传统类型，而不是爪极式的。每个磁极都有它自己的绕组，因此共有4个绕组，串联连接，并且成十字形安置。

——与交流发电机相连的三个整流二极管称为正向接的二极管，它们安装在铝制的专门支架上，以便散开二极管在正常工作时所产生的热量。另三个为负向接的二极管接地，它们直接安装在后端盖上。图241是安装有整流二极管的端盖。

图241　整流二极管

调　节　器

电压调节器RCI有两种，一种是12V的，另一种是24V的，都是双级触头振动式调节器。图242是它的电路图，其触头是银制的。调节器线圈1串联在附加电阻10上。调节电阻13一端与磁场绕组连接，一端与辅助电感线圈3相接。

辅助线圈中欧姆电阻所起的作用，就象附加的调节电阻一样。但是它的主要作用是控制超电压值，这种超电压值或是出现在第一级调节触头工作的情况下，或是出现在第二级

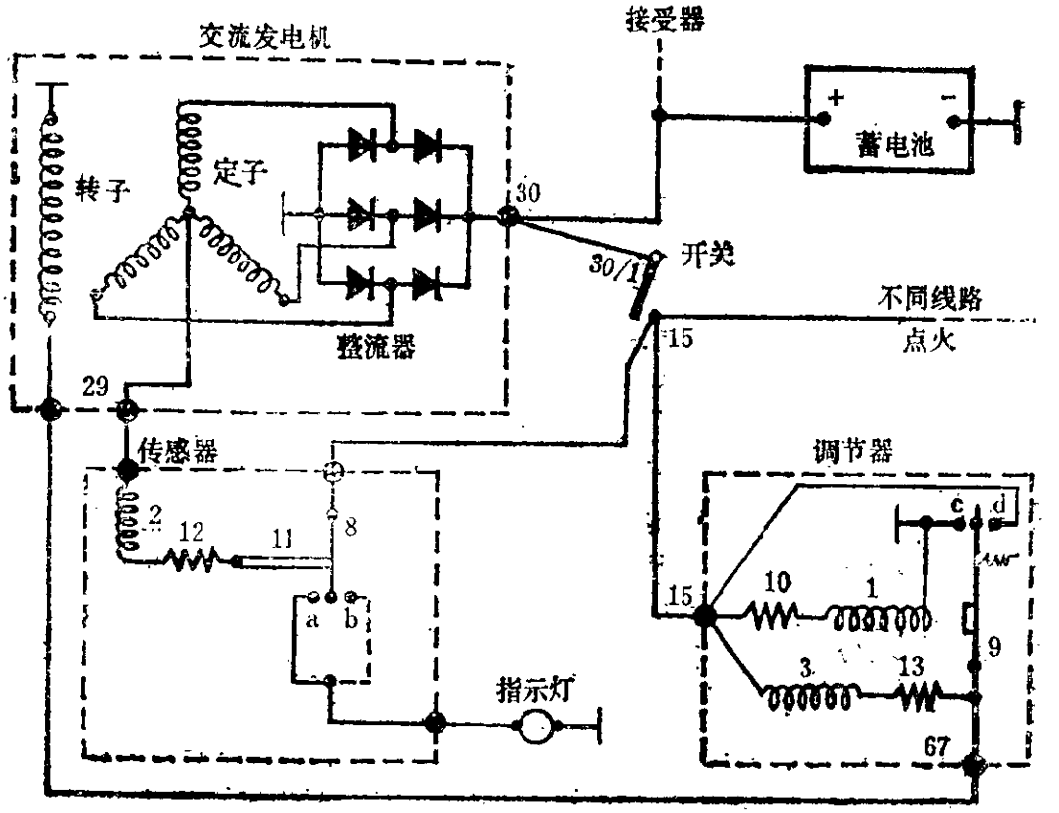


图242　交流发电机、调节器和传感器的原理电路图

调节触头工作的情况下。当触头断开时，根据线路电感值的大小在触头间产生或大或小的电火花。这是调节器触头烧损的主要因素，也是振动式调节器的一个极为重要的问题。需用电子的方法来解决，而菲亚特研究出这种电的办法来解决。

既然这是涉及到电感应的作用，那么就引进一个感应线圈，让它的作用去抵销这个电感的作用。

要解释触头开闭的现象，实际上是很复杂而又微妙的，因而必须进行细致的研究。当触头断开时，触头金属从正极移动到负极，也就是电流的习惯方向，并与该电流成比例。当产生电弧，并在电弧持续的时间内，触头金属向相反的方向移动，也就是说电子流的方向，它与超电压和论及到的感

应能量成比例。触头金属转移的量与它的电路特性参数有关。因此，基本想法是要在这两个相反的作用之间实现平衡。由于是双级调节，所以问题就更为复杂了。

RCI调节器的第二个特点是振动臂与轭铁的弹性铰链9是采用双金属簧片，其弹性能随温度的变化而变化。因此，不管线圈温度怎样变化，都可以利用热补偿校正电压，以保持电压稳定，其作用如下：当线圈温度增高时，电阻也增大，在确定的电压下流经线圈的电流强度减小，对振动臂吸力亦减小。但是与此同时，双金属簧片对振动臂的阻力也减小，因之出现补偿。应该指出：线圈与簧片相邻，是处于同一温度之下，簧片吸动的阻力是由可调整的螺旋弹簧所产生的。

充电传感器

充电传感器习惯上又称充电指示器，就是通过导线转送充电指示信号的装置。它实际上是一个热继电器，利用线路中热丝的伸缩，使继电器接通和断开，再通过红色指示灯的发亮与熄灭来显示。

该传感器是属于交流发电机上的附属装置，为了指出发电机工作与否，不允许接与它无关的引线，但可接入电流表、指示灯遥控开关和控制指示灯的整流二极管等等。

图242是Fiat传感器（即热继电器）的原理电路图，其主要构件是一条可以膨胀的导线11，它通过点火开关15接在交流发电机的主接线柱30和与星形定子绕组中性点相连的辅助接线柱29之间。另外，该线还与电阻12和电抗器2相串联。整个装置接入的电压基本上等于交流发电机额定电压的一半。

当交流发电机不工作时，热线处于冷态因而收缩，克服振动臂弹性簧片 8 的反向力，将振动臂拉向触头 a，与 a 触头接通。但点火开关15在断开的位置，指示灯是熄灭的。当点火开关闭合时，指示灯发亮，因为这时经过30、15、传感器振动臂和触头 a，这时蓄电池电压加到指示灯上。这样发动机不工作时，无任何电流经过热导线。

当点火开关闭合、交流发电机发电，接线柱30与29之间的电压产生的电流通过热导线，使该导线延伸，振动臂簧片与触头 a 断开，指示灯熄灭，明确告知驾驶员交流发电机已经发电，并在进行充电。

传感器有两种结构：第一种有两对触头，当电压非常高时导线延伸很长，振动臂簧片与触头 b 接通(其电路在图中用虚线表示)，这时指示灯又发亮，为驾驶员提供新的充电情况的警告。第二种传感器不包括触头b，称之为"一对触头。"

上面提到线路图中还有两个元件，即电阻12与电抗器2。电阻的作用是调整整个装置的工作特性。电抗器只用于具有两对触头的传感器中，在整流二极管的工作性能不规则时，它可以平衡作用于热丝导线的电流峰值，以避免干扰传感器。

充电传感器指示情况的说明

具有两对触头的传感器可用信号指出全部或部分的复杂故障。但是，它所指出的某些故障都是很少发生的，如正负二极管被击穿。菲亚特研制成功了单触头式的传感器，这种传感器取消了电抗器，加进了一个校准螺钉。因而就得到了一个非常简化、易于校准的传感器。很明显热导线没有了补充延长部分，这种传感器不再指出电压升高到调节电压以上的故障。

既然具有两对触头的传感器在理论上是有优点的，那么根据观察指示灯的发亮与熄灭情况，来说明故障方面的问题：

1．当把点火钥匙插入点火开关并转动到“点火”位置时，指示灯发亮。当点火开关转到“起动”位置时，由于发电机发电，指示灯应该熄灭，若指示灯仍然发亮，则表明有故障发生。在此两种情况下不管是两对触头传感器或单触头传感器，都说明发电机未发电，或未达到预定电压，也可认为有电压但没有传送到线路上去。其原因可能是多方面的：如电刷损坏，定子绕组不通，转子绕组不通，连线断开，调节器失调等等。

2．当转动开关钥匙时，指示灯可能不发亮，甚至在起动后仍不发亮。这时故障原因应在指示灯(可能被烧坏)、传感器和连线中去查找。

3．指示灯发亮，之后熄灭，然后又重新发亮。这种现象只可能在安装两对触头的传感器的情况下发生，说明交流发电机的电压太高。这时必须在调节器方面寻找原因。

4．指示灯不发亮，在起动后发亮，但灯光微弱。这时无论接入的是那一种传感器都可设想为点火钥匙到传感器的联结可能断开。因为，事实上，指示灯只能在交流发电机工作时由星形定子的中性点与接地之间的电压来供电，这一电压只约等于交流发电机电压的一半。

5．指示灯发亮，然后熄灭，起动后仍然熄灭不亮。这种情况只能在使用单触头传感器中出现，其原因是二极管或定子绕组中有短路。指示灯熄灭是当交流发电机不工作时，由于上述短路有太大电流通过热导线，从而导致指示灯在发亮之后又迅速熄灭。这时若接入的是两对触头的传感器，则指示灯开始发亮，然后熄灭，最后又重新发亮。

二极管的检查

12V发电机的硅二极管与24V发电机的硅二极管是不同的。前者电流强度为13A，后者为8A。最大反向电压分别为100V或200V最大正向电流强度分别为25A与15A。与正接线柱相连的二极管称为正二极管，作有红色标记；与接地相连的二极管称为负二极管，作有黑色标记。它们最大允许工作温度为190℃。

整流桥的二极管不允许在实验台上用110V或220V的交流电压来进行试验，当然，也不允许提供上述相同的电压的试验仪器进行试验。FIAT要求用AP5016型仪器进行试验，图243是这种试验仪器电路图，这种仪器检查：

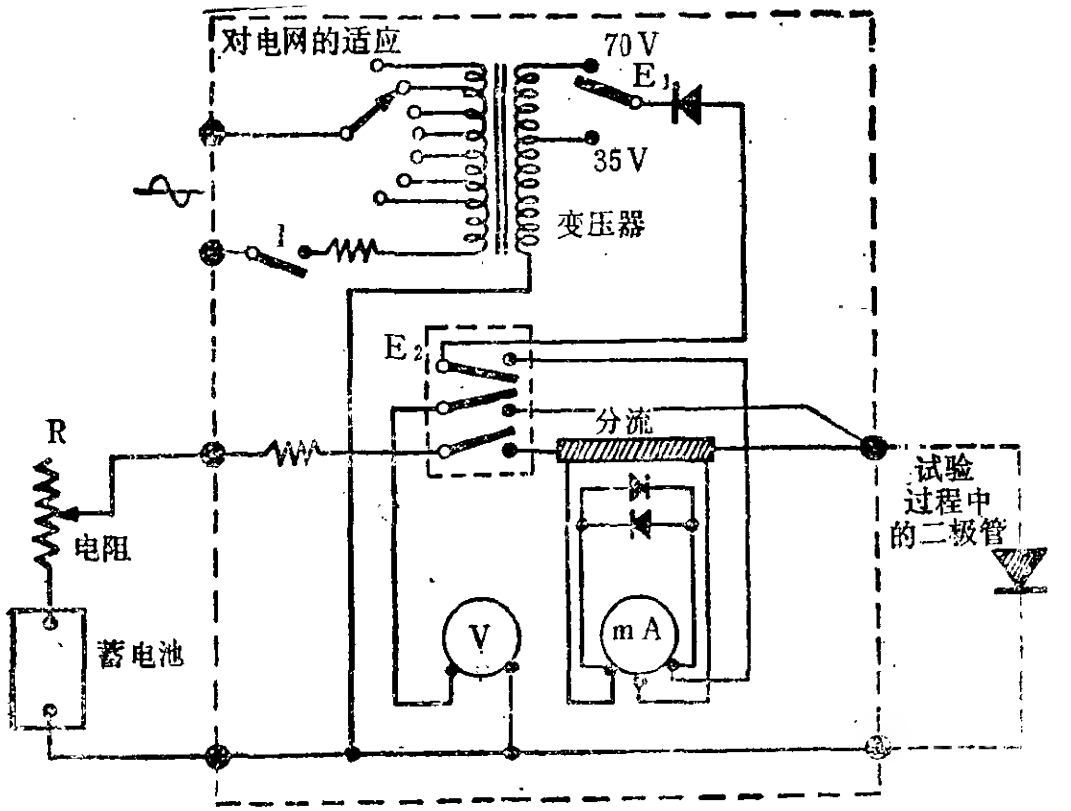


图243 试验二极管用AP5016装置的原理电路图

1．二极管是否断路；

2．二极管是否产生过大的电压降；

3．二极管是否短路；

4．电流是否太大。

1与2的检查属于“正向特性试验。”3与4的检查属于“反向特性试验”。试验台进行检查时，不需将二极管从交流发电机上拆下来，只需将其连线断开即可。

“正向特性试验”时，则试验仪器应由直流电供电，在“反向特性试验”时，则由交流电供电。前者使用6V的蓄电池，仪器外部接有一个0.2～1Ω的可变电阻。采用交流供电时，可将在试验仪器内的有几个档位的可调变压器接到供电网上。仪器配备有电缆与导线夹。

正向特性的测试按下列程序进行：

——将换向开关E_2移到“正向试验”位；

——操作变阻器R将电流表A上的电流调节到10A（2^4V的发电机）或16A（12V的发电机）；

——通过电压表检查电压降，该电压应低于1.7V。高于此电压的二极管为不合格品，如二极管是断路的，则电压表指针指的是最大读数值。

该试验应持续5～10秒钟。

关于“反向特性”的测试程序如下：

——将E_1放到相应的电压档位上，若是24V交流发电机的二极管，则接70V；若是12V交流发电机的二极管，则接35V；

——将E_2移到“反向试验”位，之后，将供电网开关I关闭；

——在专门刻度的电流表上测得24V交流发电机的二极

管的电流应低于 2mA；12V 交流发电机的二极管电流应低于 3mA，高于此电流强度的或不稳定的二极管为不合格品。若发生短路，则电流表指针指在最大读数值上。

安装新的整流二极管，不能采用锤打方法。需用压装的方法。

调节器与充电传感器的检查与修理注意事项

在试验台上试验调节器时，绝不能将接线柱 15 和 67 混淆。如果将蓄电池接在接线柱67与调节器接地之间，那么，在第二级工作时，蓄电池将会短路，调节器触头将被损坏而不能修复。另一方面，应防止受到冲撞，接地要十分可靠，以避免交流发电机电压升高。

防干扰电容器不应接在交流发电机或调节器的接线柱67上，也不应接在与其相连的电缆上，（见图 242），因为这会改变触头的工作条件，使它们受到损坏。电压调节器不应对无线电产生干扰。

如更换密封垫，需用相同型号的，如密封不好，则可能进入挥发性物质，污染触头。

在交流发电机与调节器之间，不应加入任何装置。这样会提高交流发电机的工作电压，从而使加入装置和蓄电池受到损坏。

检查调节器时，不要取下其外壳。如果外壳已经取下，那么当调节器发热时，要将外壳重新装上，以防吸收潮气。

当调节器未与蓄电池连接时，不能使调节器进行工作。

通常，当无合适工具和缺乏经验时，宁愿更换新的调节器，而不去修理。

对充电传感器的一般规则亦如上述。

三十、A12M·124和A12MD·124/24/50型爪极转子的菲亚特交流发电机

交流发电机

A12M型和ATR型交流发电机最显著区别在于前者采用的是目前应用最广的爪极转子，它不论磁极多少，只包含一个磁场线圈，而后者有4个呈十字形的磁极，和工业交流发电机的传统型式相同，每一个极都有一个线圈。用于公共汽车和旅游大客车上的A12MD型交流发电机在热态时的电流为50A，相应的电压为28V，而A12M型交流发电机在电压14V下为42、47或60A，或者电流在电压28V下，为25A。通过把定子长度加到最大值，并采用双转子来提高A12M型交流发电机的功率。所谓双转子就是在一个轴上安装两组爪极转子，带有两个磁性线圈，电路串联，磁路并联(见图244)。

A12MD·124型交流发电机的构件与A12M·124型的相同，只是A12M·124更长一些，其寿命也更长一点。

菲亚特交流发电机配有触头振动式电压调节器和充电指示器，其线路见图245，将该线路图与前面所讲的ATR型交流发电机的线路图相比较更为有效。

电压调节器

菲亚特交流发电机采用RC_1型电压调节器，该调节器

图244　双转子

1．滑环；2．滚动轴承。3．两个绕组的联接；4．磁极

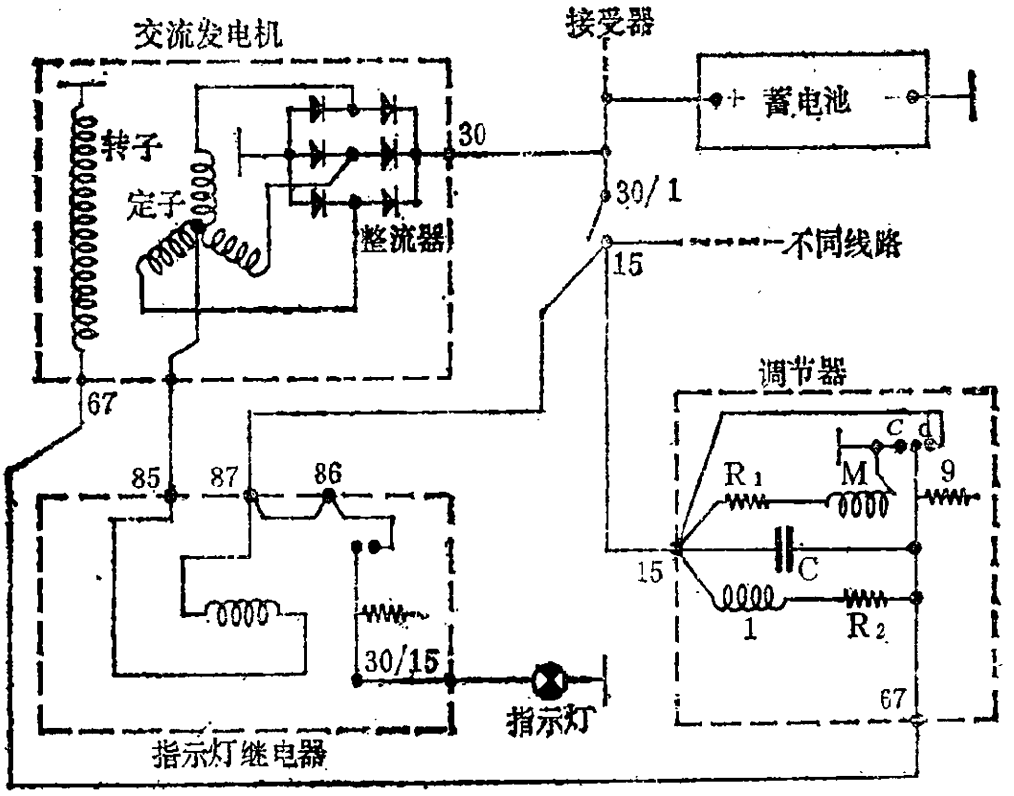


图245　交流发电机、调节器和充电指示灯继电器线路图

可适用于几种不同型号的交流发电机。这种调节器是双级触头振动式的，其线路图位于图245的右下侧。图中可以看到电磁性(节压)线圈M，它与电阻R_1相联，以及由振动臂9

推动其工作的四个银质触头，还可以看到带电感的辅助线圈1，它与调节电阻 R_2 相串联。在后面将再详细介绍线圈1的作用。在A12MD型交流发电机中，加进了一个与辅助线圈1和电阻 R_2 相并联的电容器 C，见图245。

我们了解了在直流发电机上常见的双级调节器的工作原理。RC_1 电压调节器的特征是有一个辅助线圈1，该线圈一方面补充了调节电阻 R_2 的电阻值，另一方面又进一步改善了调节器的性能，这一点如前所述。触头的磨损及金属转移情况是与其通过的超电流，也即与线路中的自感电势有关。通过引进一个合适的电感线圈1，便可获得最佳超电压值。

充电指示灯的继电器

在前面ATR交流发电机的文章中已讲过控制指示灯的热敏继电器。本文所讲的是电磁继电器，可在圈2的左下侧看到它的简单线路图。继电器线圈接在星形定子的中性点与整流器"+"极(也就是当开关30/1关闭后的蓄电池"+"极)之间。当交流发电机停止工作或者其电压不足以吸引振动臂的时候，指示灯发亮。当交流发电机正常接通时，电压上升，振动臂切断指示灯。

通过观察指示灯的发亮强弱，如同测量电压一样，可以了解交流发电机状况、确定不良位置的重要信息。制造厂的详细说明书在这方面提供了非常有益的知识。

其　它

还有一种适用于公共汽车带有保护装置的交流发电机(图246)。这种交流发电机的后端盖装有保护罩，罩上有一个管口，可以将一个通风管压装在该管口上。使交流发电机

图246　A12MD 124/24/50型在二极管支架上带有保护罩的交流发电机

的内外相通。之所以采用这种交流发电机，是为了防尘、防水、防油，因为这些物质可能导致电刷的迅速损坏，或者严重毁坏滑环。

还需指出的是，在更换整流二极管时，必须将正、负二极管分辩清楚。不能在铝制连接片上更换正二极管，当其有损坏时，要更换整个连接片。

负二极管损坏，可以更换但要严格遵守如下规定：

用来更换的二极管型号必须作为规定的备件。上面还应加有修理用的标记，即在外壳上有“R”字样。另外，这些二极管滚花部分的直径要加大约为0.5mm。

在换上新的二极管之前，必须先将孔重新铰一下，而不能利用原来二极管取下后所留下的固定孔。

上述规定必须严格遵守，因为安装不良，就可能妨碍通过支架散热，甚至损坏二极管。故其更换时的操作，特别是重新铰孔，重新固定都必须十分小心。这就是为什么用来更换的二极管都是由菲亚特提供的。更换时还必须使用专用工具：

拆卸二极管的专用螺旋手压机；

二极管座孔使用的带有专门铰刀的钻孔机，铰刀的导杆定位装置；铰刀在工作过程中都必须加润滑油；

用螺旋手压机压进二极管；其压力只能加在二极管的外壳上。

三十一、卢卡斯(LUCAS)AC12型交流发电机

这是一个带有晶体管振动式调节器与隔离继电器的交流发电机

总体结构

12V 的卢卡斯 AC 型交流发电机组包括：

——一台 2AC型交流发电机，这种发电机根据汽车电气设备是正极接地还是负极接地而分为两个型号（这里介绍的是负极接地的）；

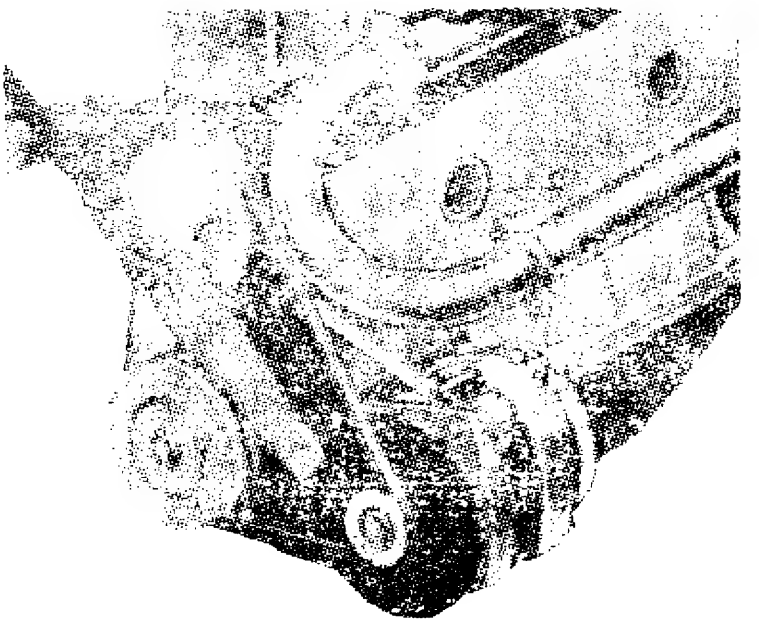


图247　交流发电机在发动机上的安装

——一个 2TR 型调节器；

——一个 6RA 型磁场隔离继电器；

——有时还有一个电流表。

这里要介绍的是前三种装置：第一个装置是发电机，第二个装置是调节器，第三个装置是交流发电机磁场绕组接受从蓄电池来的直流电的保护装置。该继电器与安装在交流发电机中的整流器共同组成发电机的截流器。

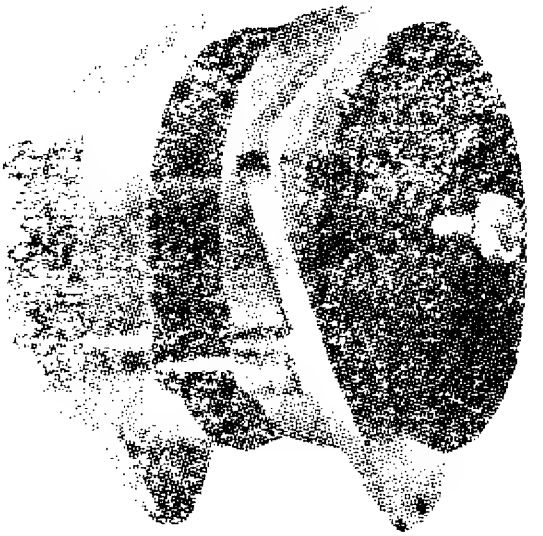


图248 皮带轮侧交流发电机外观图

2AC 型交流发电机

为了较全面的介绍，先从各个不同侧面来看：

——图 247 是汽车发动机上的安装图；

——图 248 是从皮带轮端看的交流发电机外形图；

——图 249 是转子和定子分解图和剖面图；

——图 250 是从整流二极管和接线柱端看的交流电机外形图。

交流发电机包括：

a. 定子。上面安装有三个电枢绕组，这些绕组产生负

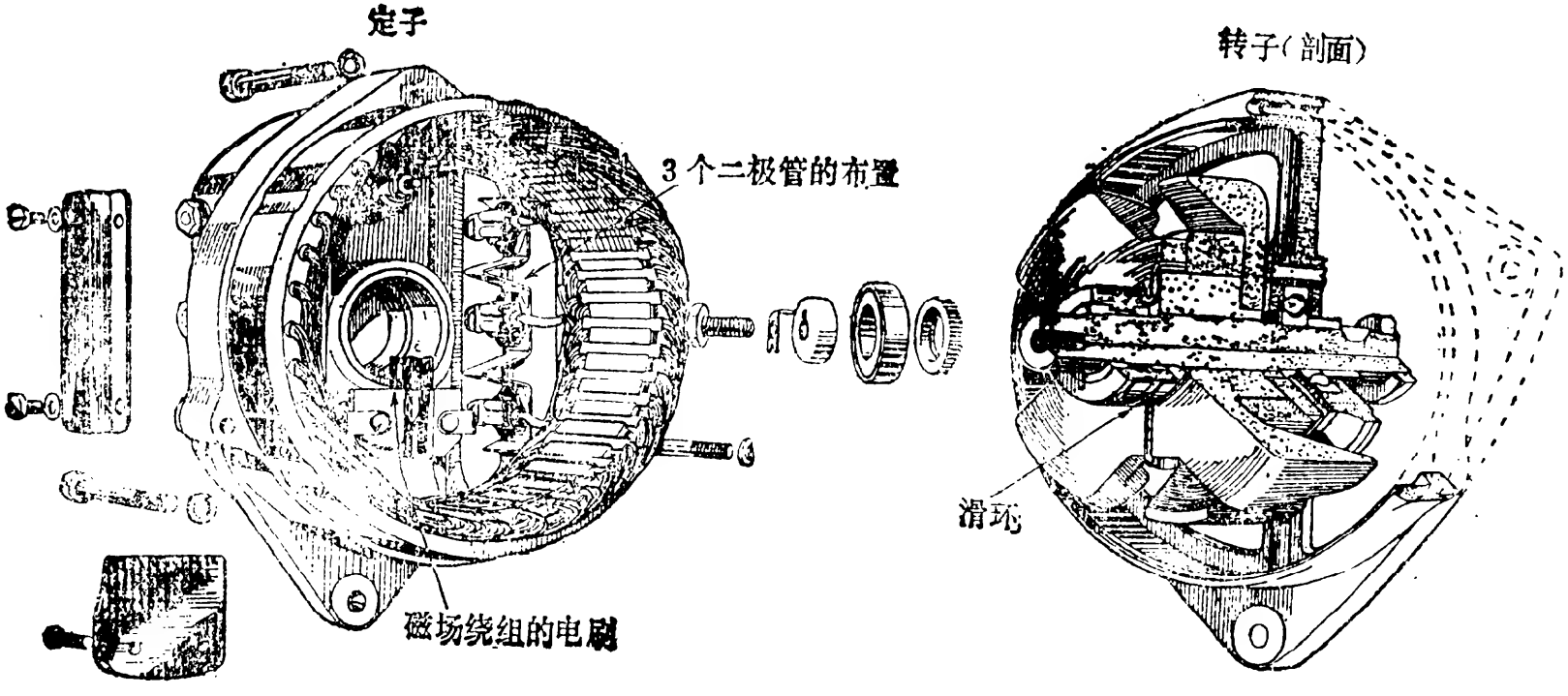


图249　定子和转子的剖面分解图

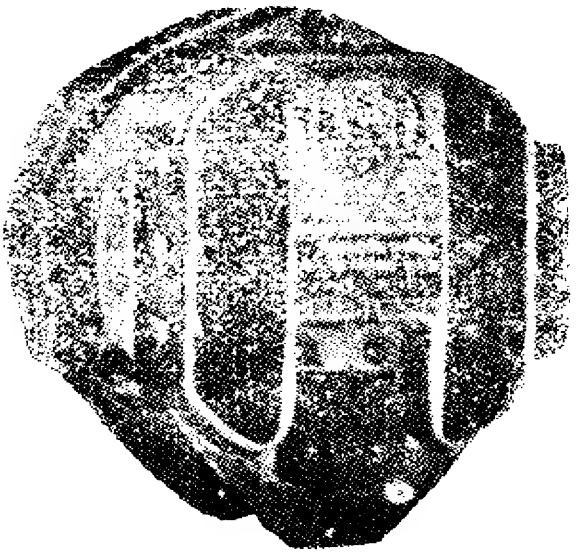


图250　二极管侧交流发电机外观图

载电流，即充电用的电流。绕组呈三相交错排列，组成三角形接法(见图 251)。三角形的三个顶点有六根导线，与 6 个整流二极管相连。

b. 转子。由两部分组成，上面有 8 个磁极。其绕组与两个铜、镍合金滑环相接触，两个滑环彼此是隔开的，并可在转子转动时通过电刷传输交流发电机的激磁电流（图 249）。

c. 两个由铝铸成的端盖，用来支承滚珠轴承。一个位于传动端，另一个用来装 6 个硅二极管，电刷和接线柱。

6 个二极管垂直排列成 2 排。图 250 中看到的 6 个小圆柱体就是 6 个二极管。从图 249 中的定子内可以看到三个二极管。这些二极管与从定子绕组来的 6 根导线相连结，如图 251 所示。还可从图中看到三个二极管将电路接地，另三个将电路接在发电机的绝缘接线柱上隔离二极管装在装有保护盖的端盖上，可在图 250 中的右侧和图 249 中看到这个保护盖。这件是处在通过发电机的空气流中以冷却二极管，端盖本身是个散热部件。

在图 249 中看到两个电刷。

接线柱共有 3 个(见图 250)：大的是给出三个电路的整流电压，并与蓄电池相连；另两个小的为磁场电路的两个电刷，其接线情况根据所采用的不同接地极性而不相同。

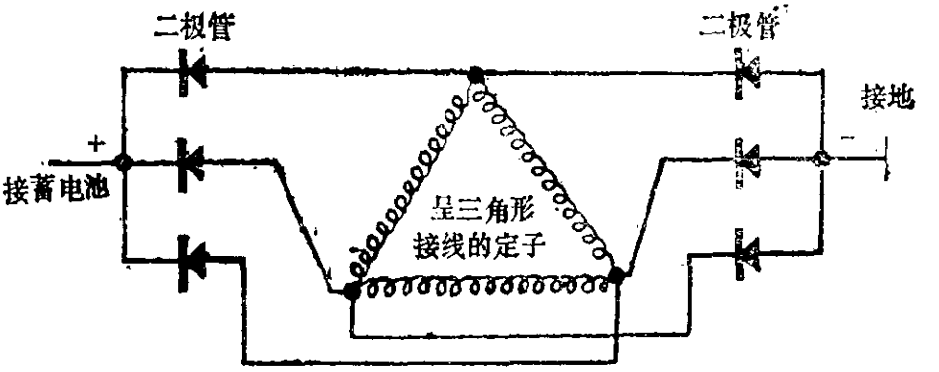


图251　三个定子绕组和六只二极管的线路总图

2TR 型调节器

电压调节器是一个控制盒，它属于发电机中常见的那种振动式调节器。但由于加进了晶体管而变得更为灵巧。图 25 2是晶体管振动式调节器的简单电路图。晶体管有三个接头也就是极，B 代表基极，E 代表发射极，C 代表集电极。正常工作条件下，一般遵循如下规则，即：只有当电流从发射极E流向基极B时，才能从发射极 E 流向集电极C，人们利用的正是晶体管的这一特性。

图 252 为调节器线路简图，从中可见到其工作原理。由电磁铁控制的流经振动触点的电流不再是通过磁场绕组的电流，而是通过晶体管发射极与基极的电流。因此，振动器切断的不是磁场绕组的电流，而是晶体管基极的电流。磁场绕组电流是从晶体管发射极流经集电极。

工作原理如下：当电压太大时，调节器电磁铁吸引的振

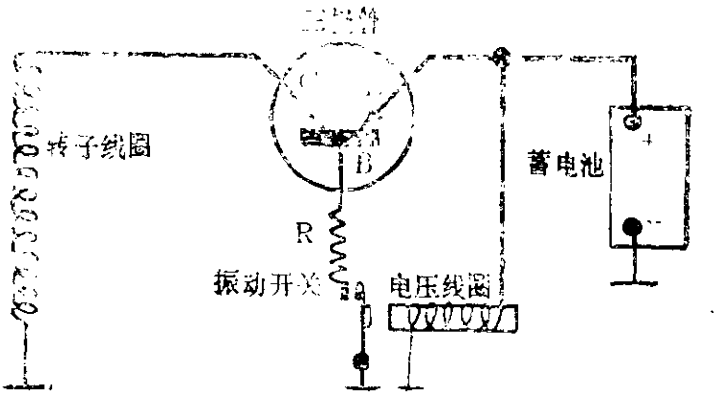


图252　晶体管振动式调节器线路简图

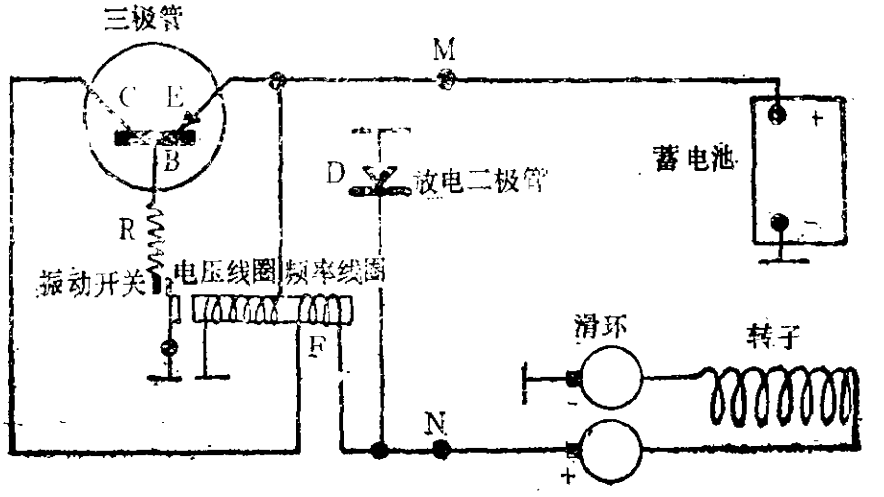


图253　调节器线路全图

动臂切断来自基极的电流，根据上述晶体管的工作原理，电流实际上不再由发射极流经集电极通向磁场绕组。可以看到振动是在基极电路中进行的，该电路的电流强度受到电阻R的限制，这个电阻R与发电机常见的调节器调节电阻不同，不能将二者混淆，这里的调节要么使磁场电路通畅，要么断路。在图254中的调节器底座上可见到这个电阻。在调节器工作时，磁场绕组电路不是机械切断，而是通过晶体管实行电子切断。

整个调节器装置的优点是：若没有晶体管，振动触头是

不能通过很大电流强度的，而且触头也会很快磨损，并且报废(烧坏或氧化)。因此可以看到某些制造厂在直流发电机中安装有两组磁场线圈，每一组都配备一个振动式调节器。这一作法对交流发电机来说是很重要的，在理论上讲，交流发电机的磁场电路的感应电势比直流发电机的磁场电路要大，从而引起振动调节器的问题更大。采用晶体管后，加给触头的电流只是一个很弱的"触发"电流。

作了上述基本介绍后，还要补充的是：该调节器还包含两个改善性能的，又保障安全的装置(图 253)。一个是频率线圈F，串接在磁场电路中，利用它的去磁作用以提高振动频率，从而保证调节器的磁场电流均衡和有规律，另一个是放电二极管D，它对晶体管起保护作用，使晶体管不致由于激磁电路电流的变动而产生过高的感应电势所损坏。该二极管安装在图 254 中调节器底座上。

2TR调节器是由两个并排安装在一起的圆柱体装置构成的，如图 254 所示。第一个装置是调节器本身，其外形是我

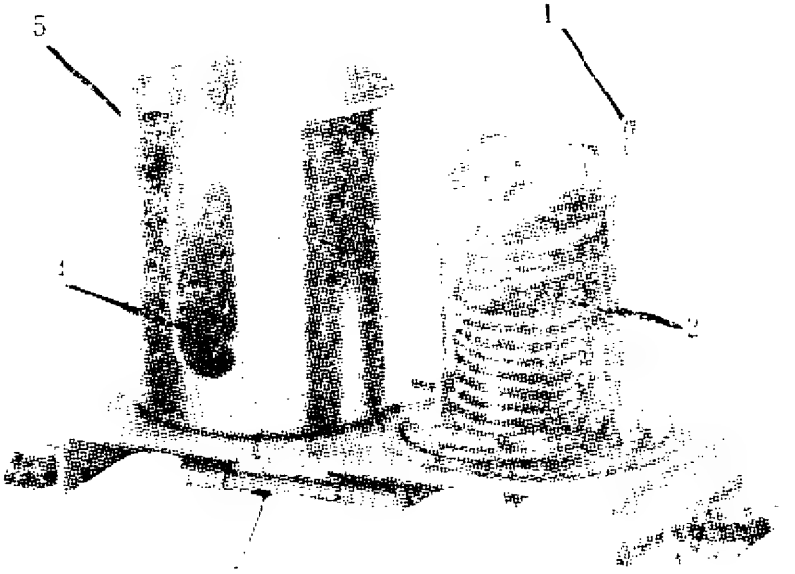


图254　调节器

1. 调节器盖的固定杆；2. 调节器；3. 电阻；4. 晶体管；5. 散热器缸

们所熟悉的。在正常情况下它有一个圆柱体保护罩，图 254 照片中保护罩已被取下，但我们可看到其固定螺杆。第二个是上端没有盖子的开口圆柱体，那是铝制散热器。其圆柱体下部安装有晶体管。为了便于散热，该装置应安装在合适的地方。整个调节器的工作位置应是底座垂直，二个接线柱（见图 253 中的 M 和 N 点，但图 254 中已挡住看不见）向上方式。

6RA 隔离继电器

如果在发动机停止工作时不采取任何预防措施的话，由于交流发电机就会停止供电，蓄电池就会向磁场电路作无益的放电。为避免这一缺陷，要使其点火开关接通继电器才通电，这时才能使蓄电池向转子供电。

采用这个用在直流发电机上的老式装置不是没有好处的，不过现在不是用直流机中的截流器而代之以一个与点火开关联动的开关。当发动机突然停车或在高度怠速下，蓄电

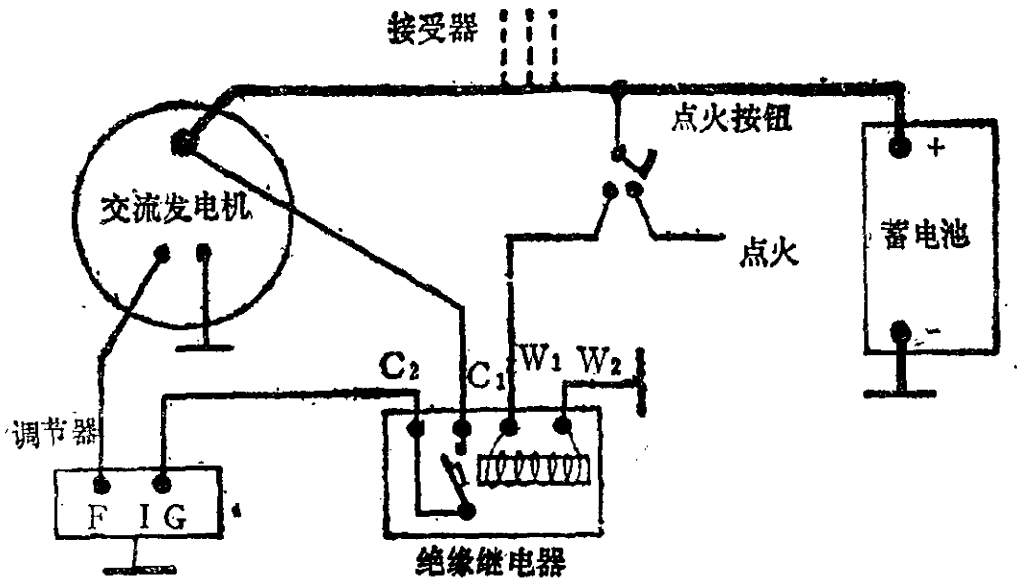


图255　隔离继电器的一般安装图

池不可能有严重放电危险，这是由于隔离继电器在很强的电流下造成的触点跳动的“咔嚓”声可以提醒驾驶员要切断点火开关，或者重新起动发动机。

接线及特性

图 255 是属于负极接地情况下的接线图。图上的符号是制造厂所使用的符号。

图 256 是随转速而变化的充电特性图。可从图中看到电流升高很快。

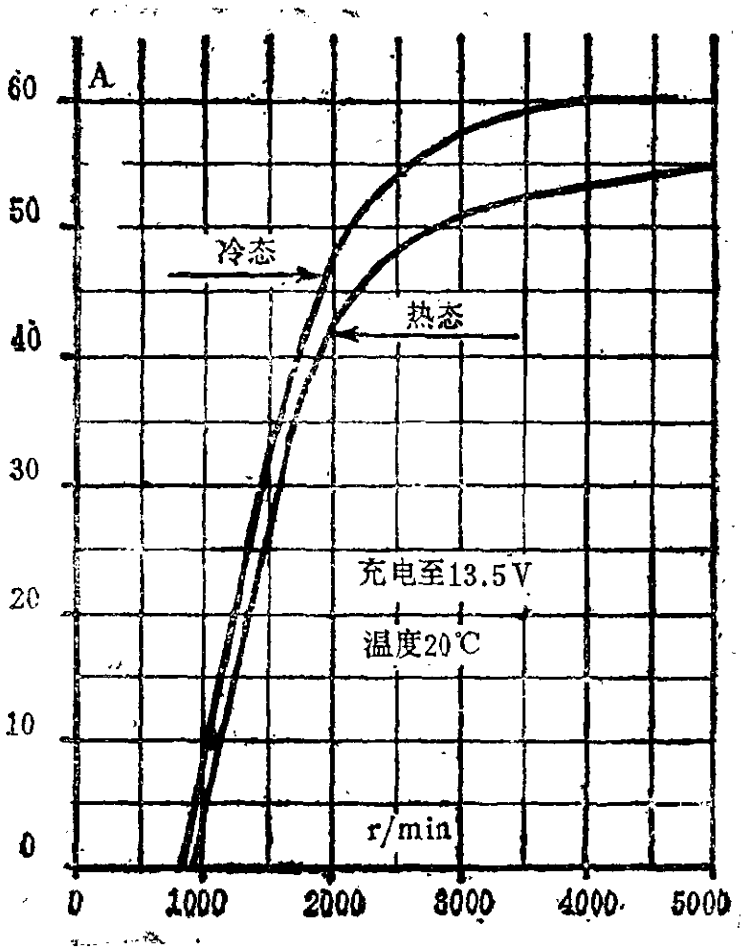


图256 充电特性曲线

三十二、卢卡斯10和11AC型交流发电机以及4TR型电子调节器

发电机的演变

图257是在DB5 Aston-Martin型汽车上的11AC型交流发电机安装图。DB5 Aston-Martin型汽车是英国第一辆成功地配备有作为标准部件的交流发电机的汽车。

通过两个图表来说明汽车发电机的演变。

由卢卡斯绘制的图258表示历年来汽车发电机的特性发展情况，额定电流以安培为单位，重量以磅为单位(磅的代

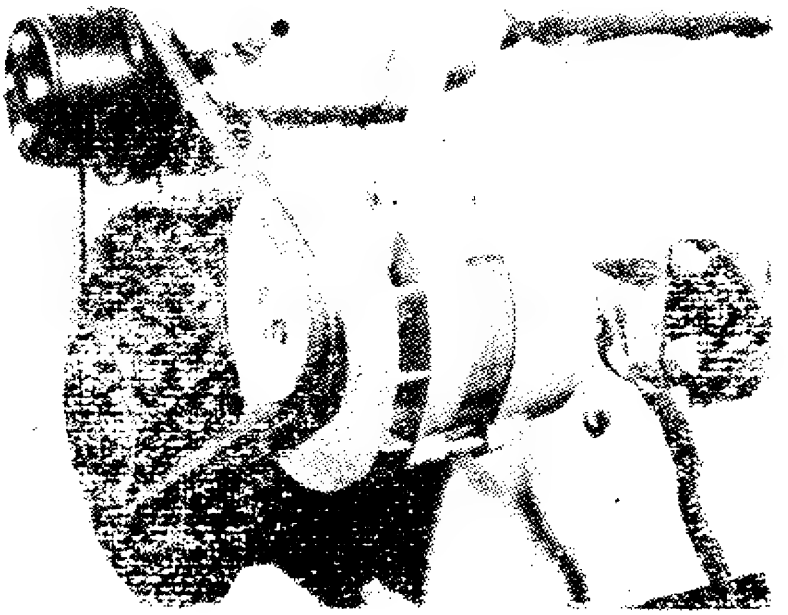


图257 DB5 Aston-Martin上卢卡斯11AC交流发电机

号为 16，在英国 1lb 约等于 0.454kg，或 4.45N），单位重量功率以瓦特/磅为单位，发电机外形按相同的比例尺绘制。从该图中清楚地看到：发电机体积逐年缩小，电流强度从1920年至1940年维持在12A，然后逐年增大；整个重量减少了，但单位重量功率增大了。所有这些都表明汽车发电机技术有了不可否认的迅速发展。这里需要指出的是，1960年，发电机重量又有了回升，但这只是个表面现象。1955年至1960年发电机的重量虽然增加了，但电流强度从19A提高到30A，从而使得单位重量功率有了显著的增大。1963年的10AC型交流发电机的改进效果更为明显，额定电流强

年代	发电机	名义上的电流强度(A)	重量 (1b*)	单位重量功率 (W/1b*)
1920		12	30	5.5
1930		12	24	7
1940		12	16.5	10.5
1950		19	12.5	21
1960		30	17	24
1963		35	9	52

* 1 lb = 0.4536kg

图258　汽车发电机的特性发展

度为35A，单位重量功率为52W/lb 11AC型的电流强度达到45A，单位重量功率达64W/lb。

图259表示交流发电机在不同转速下的电流量，从中可以看出它在这方面的进步。交流发电机的传动比例为2.0/1，C42型直流发电机为1.8/1。C42型直流发电机就是图258中所列的1960年的发电机。图259中的特性曲线是假定电压为13.5V时绘制的。可以看出：当直流发电机开始供电时，交流发电机已经用10～12A的电流强度在供电了。

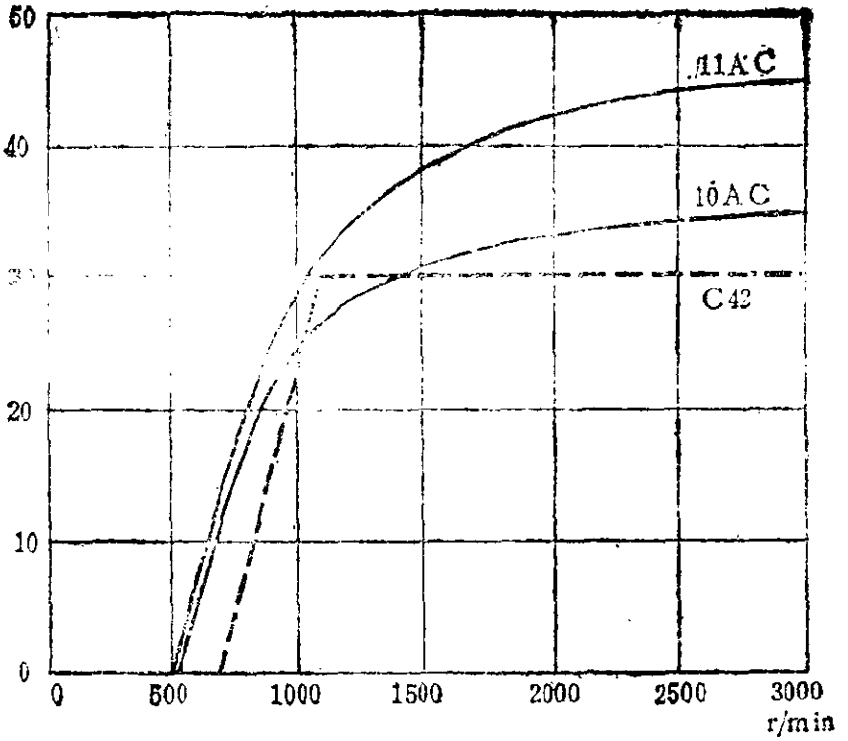


图259　10和 11AC交流发电机以及 C42 直流发电机的充电特性曲线

10AC与 11AC型交流发电机

这两种型号的交流发电机的构造相似。主要区别在于，功率更大的11AC型交流发电机要比10AC型稍长。

定子包括有钢片叠成的机体并带有24个定子槽与3个呈星形连接的三相绕组。绕组两端为两个铸铝的端盖。

转子有 8 个电极，和集电环相连接的激磁绕组。两个集电环装于垂直轴的同一平面，其直径不同。转子的一端装有传动皮带轮和二极管散热的风扇。

位于传动端的端盖通过滚珠轴承来支撑转子。与传动端相对的端盖与转子轴平行地支撑旋转磁场电路的两个电刷以及 6 个整流二极管，这 6 个二极管组成桥式整流结构，将每相脉动的两个半波进行整流以给出一个轻微波动的电压。该端盖还通过一个滚针轴承来支撑转子，上面安装有发电机的接线柱。

图 257 是 11AC 型交流发电机从传动端看的外形图。图 260 是 10AC 型交流发电机从接线柱与二极管侧看的外形图。图2 61 是交流发电机的分解图。

6个硅二极管的冷却是通过发电机轴上的风扇来保证的。

工 作 原 理

在此不准备详细介绍交流发电机的工作原理因为图 259 的特性曲线已经对这一问题进行了概括。从这些特性曲线的

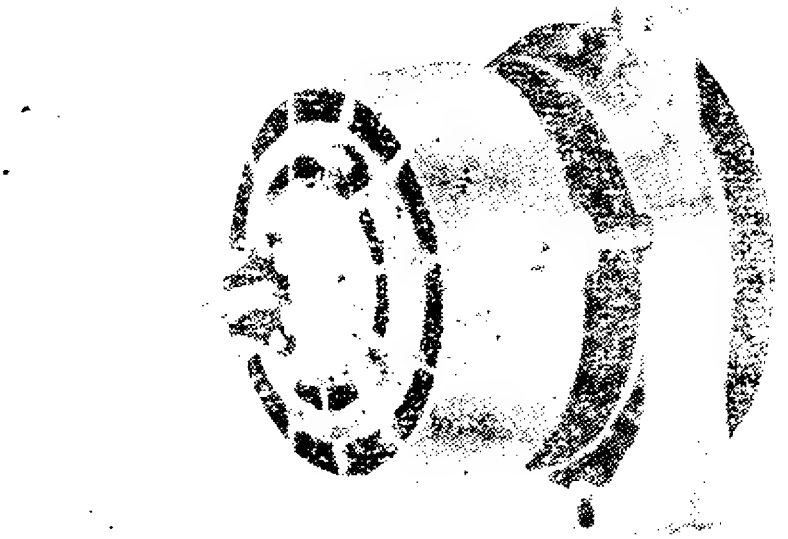


图260　卢卡斯 10AC 交流发电机(从二极管和接线柱侧视)

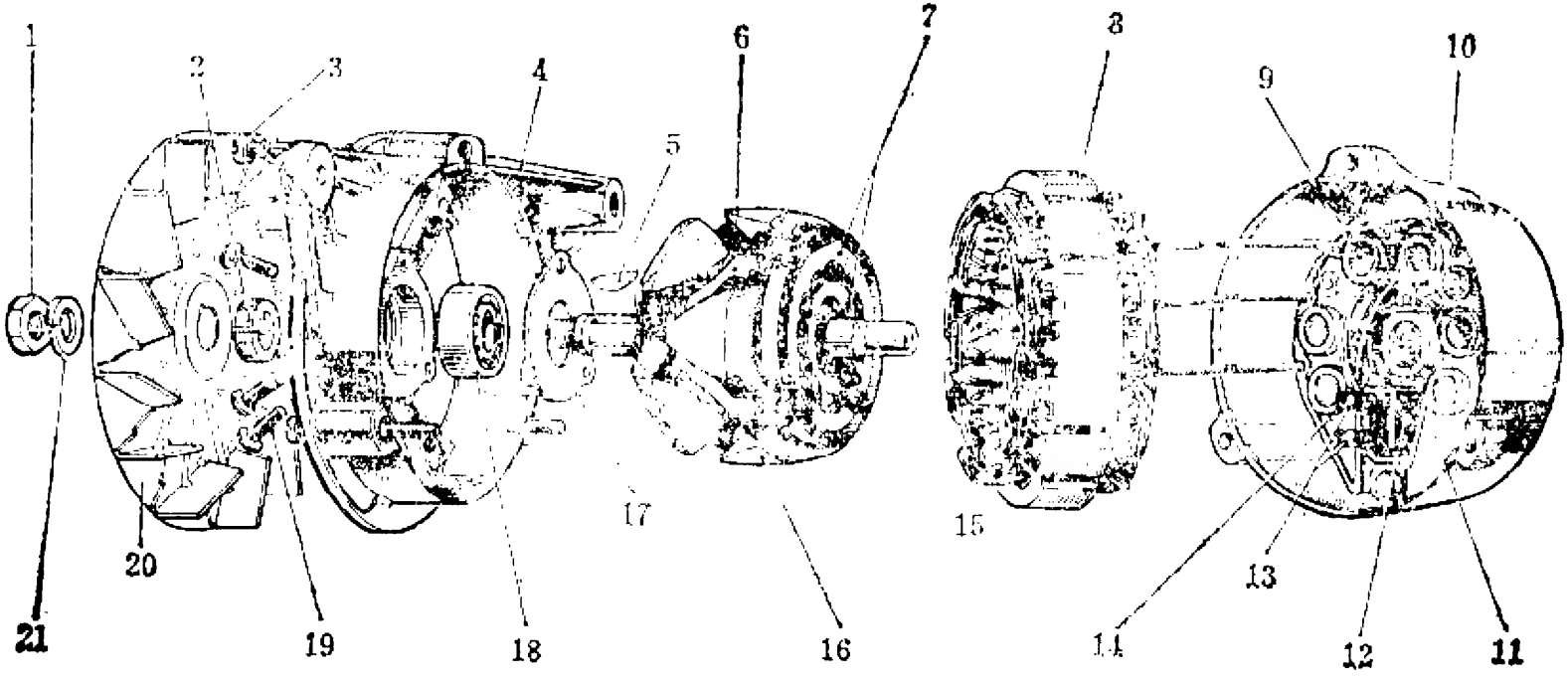


图261　卢卡斯交流发电机分解图

1．心轴螺母；2．轴承长箍；3．固定螺栓；4．驱动端盖；5．销子；6．磁场绕组；7．滑环；8．护板；9．硅二极管；10．刷架端盖；11．滚针轴承；12．刷架；13．电刷；14．二极管支架；15．定子和定子绕组；16．转子；17．轴承止动块；18．球轴承；19．止动铆钉；20．风扇；21．弹簧垫圈

形式看不需采用节流器，但是需要采用一个电压调节器，对此下面再作介绍。

整流二极管的存在使得逆流继电器失去作用，它在蓄电池充电中断时，防止电流反馈，从而对电机绕组起保护作用。可是，对于交流发电机的磁场绕组需要一个专门保护措施，这是在发动汽车时磁场绕组直接连接到蓄电池的电路上，以便能够在接通点火开关的同时获得蓄电池的供电。这样保护可由点火开关来保证。但是，下述情况除外，即发动机的停止工作是由于点火时的异外原因引起的。不过，这样简单的接线保护对磁场绕组供电方面还是有问题的，因为磁场电流是直接从蓄电池来的，而该电路由于充电变化而发生电势变化，这样会造成发电机发出的电压不稳定。为了避免这一缺陷，将磁场绕组的供电与蓄电池电路分开，并通过由点火开关来控制的接于磁场电路中的继电器(可叫做调节器)来进行。用于磁场绕组供电上可有多种方式进行。由一个电子装置来进行的，现介绍如下。

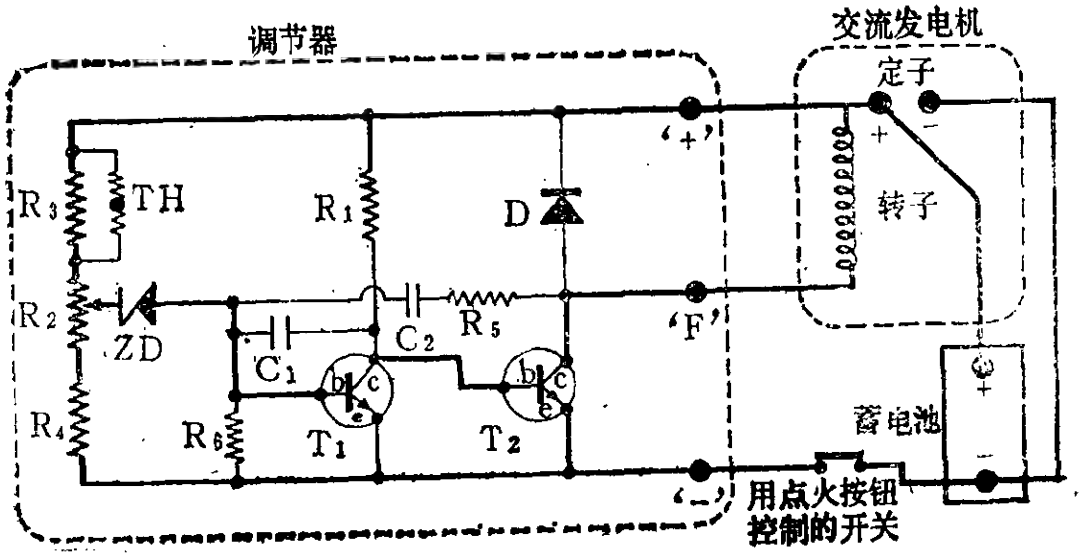


图262　4TR 型调节器线路图

4TR 型调节器

图 262 是 4TR 型调节器的线路图。可在图中看到：

——功率晶体管 T_2 位于磁场电路中；控制晶体管 T_1，它的作用是使 T_2 导通或闭锁；

——稳压二极管 ZD，是整个装置的中心；

——放电二极管 D；

——热敏电阻 TH，因为二极管对温度非常敏感；

——电容器 C_1 与 C_2；

——电阻 R_1～R_6。

这种调节器在磁场电路中引进了一个没有可动件的可变电阻。这就保证了调节器工作稳定可靠。该装置只有 3oz 重，即约为 85g 或0.8N。

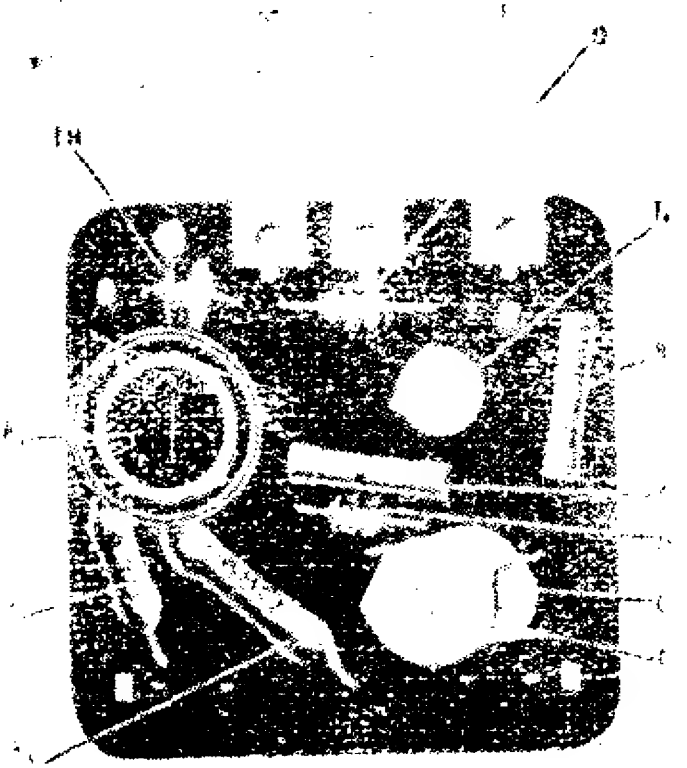


图263 4TR 调节器的电子元件

图 263 是调节器的各种电子元件及其它零件的实物外观图，图中的标记与图 262 中的一样。图 264 是联结各电子元件的印刷线路板图。

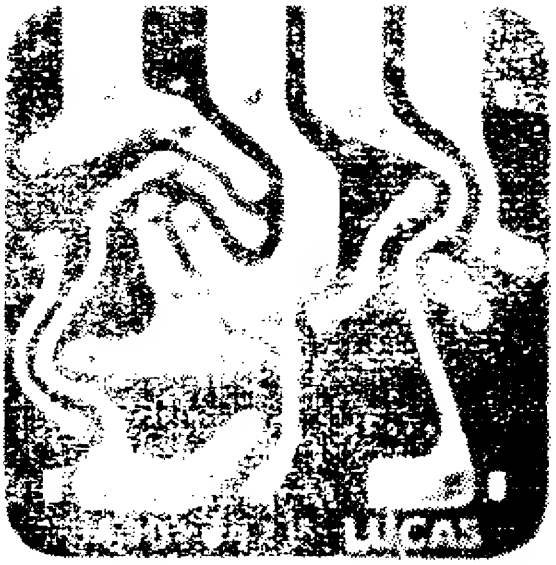


图264 4TR 调节器印刷电路

从图 262 中可以看到两个晶体管是 n-p-n 型晶体管，因此箭头方向是从基极指向发射极。这种三极管与我们通常讲的一般 p-n-p 型三极管没有任何重大变化。但需要指出的是主电流是从集电极流向发射极，基极电流是从基极流向发射极。

调节器包括如下电路：

1．磁场电路FT_2—：相当一个阀门，只有当 b 和 e* 之间通过电流时，c 和 e 之间才有电流通过（*原文为 c 和 e 是错误的——译注）；

2．阀门的控制电路+R_1T_1—：只有当电流预先流经 b-

e时，电流才能通过该回路；

3．分压电路 $+R_3R_2R_1-$：其中 R_3 被热敏电阻 TH 所分流，另外通过 R_2 上的触头的移动，可以提供各种不同电压，使稳压二极管 ZD 能够置于不同电压之下；

4．监视电路 $+R_3R_2ZDT_1$。

下面介绍这些电路各元件作用之前，先谈一下调节原理，再介绍对调节原理所作的进一步完善或改进，调节原理的电路是图 262 中用粗线标出的电路，而所作改进电路是指细线标出的电路。

电压调节原理

在低转速时，电流不能经过 R_1，而通过 T_1，因为基极不能通过处于低压下的稳压管 ZD 而被供电。电流可通过 R_1 流到 T_2 的基极，因而磁场电路 FT_2- 可通过。这时交流发电机被激磁，其电压可达到充电电压。

当转速增大时，$R_3R_2R_4$ 的两端电压增大，稳压管 ZD 电路的两端电压也随着增大，该电路通过 T_1 的基极。当转速足够增大时，ZD 达到击穿电压(约 10V)。这时部分电流通过 T_1 的基极，接着 R_1T_1- 电路导通。原来流经 R_1T_2 的部分电流通过 R_1T_1，使 T_2 的基极电流降低，通过 T_2 的集电极与发射极电流下降了，亦即通过磁场电路时电流降低，电压下降，使 ZD 与 T_1 电流被切断。T_2 的基极电流增大，通过 T_2 集电极与发射极的磁场电流增大，交流发电机电压再次升高。依此循环下去。

磁场电流经常变化，所以通过稳压二极管和 R_2 活动触头可使平均电压保持固定值。

这就是调节的基本原理。实际上，可调节器的上述主要

作用以及辅助作用方面都进行了改进。现将这些改进概述如下。

调节的反馈电路

如上所述，假若调节不是以磁场电路的通断，而总是以似通非断的电流不达到 0 值变化来实现，那么就有很大一部分电能在功率三极管 T_2 中变为热能消耗掉，这就提出了一个严重的发热问题。因此，最好是晶体管 T_2 或进行满负载工作，或置于电路之外。这种设想由于引进了一个包括电阻 R_5 和电容器 C_2（见图 262）的反馈电路而实现了，该反馈电路的作用如下：

当磁场电流开始下降时，接线柱 F 的电压由于阻止这种电流下降，自感电势升高。部分电流通过电阻 R_5 并借助 $FR_5C_2T_1$ 一线路为电容器 C_2 进行充电。实际上，应该知道一个电容器在恒定电压下是不会通过电流的，只是在电压发生变化，才能通过充电或放电传输电流。经过电容器的电流补充到流经稳压二极管的电流中去。在这个意义（即 T_2 电流的降低使 F 的电压升高）上来说这一作用是加强的，就可迅速使 T_1 处于饱和状态下，并且使 T_2 截止。但是，由于 C_2 被充电，反馈电路电流逐渐下降，经 ZD 的电流和 T_1 基极的反馈电流相汇合的值亦下降，下降到不足以使 T_1 导通。这时电流开始重新经过 T_2 的基极，接线柱 F 的电位下降，使反馈电流变为 0，随后会使电流方向改变而使 T_1 基极电流消除，这就进入了另外一个作用。T_1 被锁闭，T_2 处在饱和状态下。这一切都是在短暂时间内进行的，由于 C_2 极性不断更换的不断充电和放电，上述过程又重新迅速开始。

这样一来，磁场电流不再波动，而变得平稳了，从而使

T_2 与 T_1 散热情况得到改善。

其他电路部分

下面介绍 4 个电路：

1. 磁场电流突然被切断会导致磁场线圈产生高自感电势，如果没有安全装置，产生的高电压就有损坏晶体管的危险。这个安全装置就是二极管 D，它可使磁场绕组的两端短路。当接线柱 F 的电势在正常情况下低于“+”极的电势时，该二极管阻止磁场绕组外部的电流自“+”极流向接线柱 F。但是被切断的磁场线圈使接线柱 F 的电势高于“+”极的自感电势，这时二极管就短路，使自感电势不致损坏晶体管。因而，这必然会产生一个不能控制的危险电势，必须为它提供一个通道，使它不至造成危害。只是在特殊情况下，使它变为有益电势。二极管对磁场电流也起调节作用，因为在正常电路被晶体管切断时，磁场电流不会是突然停止，而可能继续有电流流动通过。这时电流不会降到 0，而只是在交流发电机电压重新加到磁场电路之前降到一个很小的值。

2. 排除由于电流的迅速切断而对无线电造成的干扰，是由接在晶体管 T_1 的基极电路两端的电容器 C_1 来解决的。

3. 在高温下，稳压管会产生轻微的漏电，即使在该稳压管电导率正常而电压又很低时，也会有轻微的漏电，电阻 R_5 为该泄漏电流提供一个通道，如果没有 R_6，泄漏电流就会通过 T_1 的基极，从而干扰调节。

4. 还必须考虑在高温下的调节补尝，为此，安装了一个热敏二极管 TH，使它与电阻 R_3 相并联。这种二极管当温度降低时电阻增大，温度上升时电阻减小。它的作用是改变串联电阻 $R_3R_2R_4$ 的电位分配，这样也就改变使稳压二极

管开始导电的交流发电机的电压值。

还需指出，分压电阻由三个组合起来有两个理由：一方面，要便于连接热敏二极管；另一方面，要避免由于疏忽而使得稳压二极管与分压电阻的连接不良 。

调节器的改装

对 4TR 型调节器进行改装后，可适用于有 9 个二极管的交流发电机(如 15AC 与 16AC 型交流发电机)。

调节器的安全

制造厂要求避免调节器可能受到的两个危险：第一个危险是当交流发电机旋转时，断开蓄电池。第二个危险是使用快速充电机来为蓄电池充电或者起动发动机。在进行上述操作之前，必须断开调节器接线柱；并在充电机断开之前，和在帮助起动时，当发动机转速没有减到起动转速之前，不能恢复调节器的连接。

三十三、卢卡斯11AC型交流发电机的安装及其配件

交流发电机

首先说明一下，11AC型交流发电机是三相交流发电机，定子绕组呈星形连接，整流器是用六个二极管组成的常用整流器(如图266所示)，共有四个接线柱：

——接线柱＋B，这是负极接地的汽车中的交流发电机的主绝缘接线柱。若是正极接地的汽车中的交流发电机，则其主绝缘接线柱为－B；

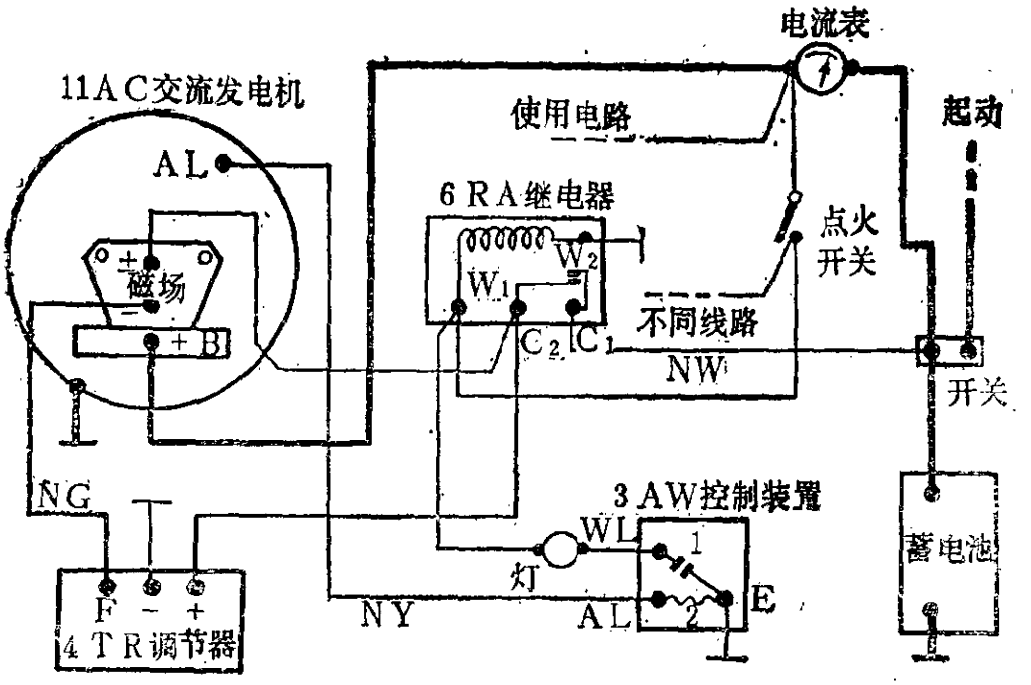


图265　负极接地电路图

——配有滑环的转子磁场“+”、“—”接线柱；

——充电指示灯接线柱 AL，它不通过二极管而和一个定子绕组相连接，可以根据发动机的转速提供充电特性。

当转子转速为 12500 r/min 时，电流约为 45A。不带风扇和皮带轮的交流发电机重量为 4.2kg。

图 265 是负极接地时的接线柱线路图。图 267 表示正极接地时的接线柱与接线情况，其中未画出的部分与图 265 相同。图 267 中的连线 A 是在制造时接上去的。

在安装之前，必须检查所选择的交流发电机的极性与汽车是否合适，还需断开蓄电池，以避免短路。

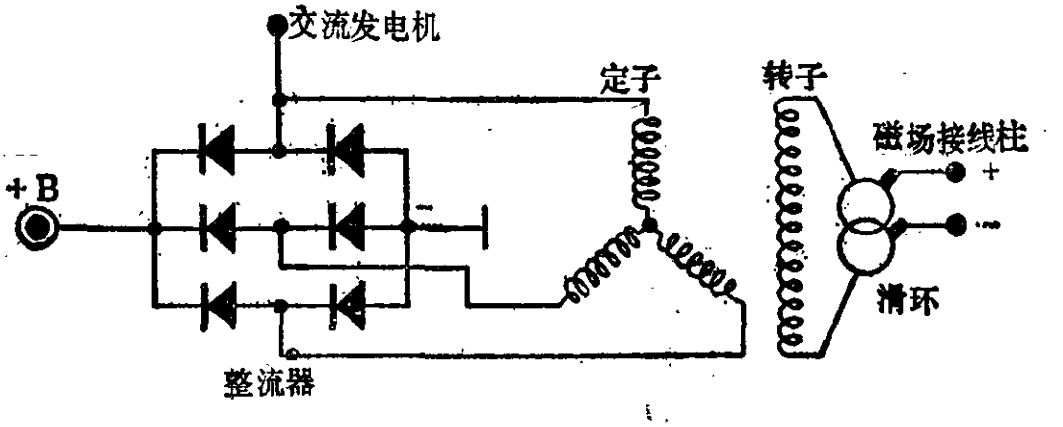


图266　交流发电机及其四个接线柱的电路图

机械安装

采用的通用皮带轮如图 268 所示。它可借助垫片调整，适用于与 3/8 至 7/8 in (1in 等于 2.54cm)的皮带，它有两种尺寸的端盖，其中一对用于角度为 40°，另一对用于角度为 32°。

按发动机上测得的宽度与角度选择支座，并通过一定数目的垫圈进行安装调整。

安装是借助图 268 左边的支架来进行的。

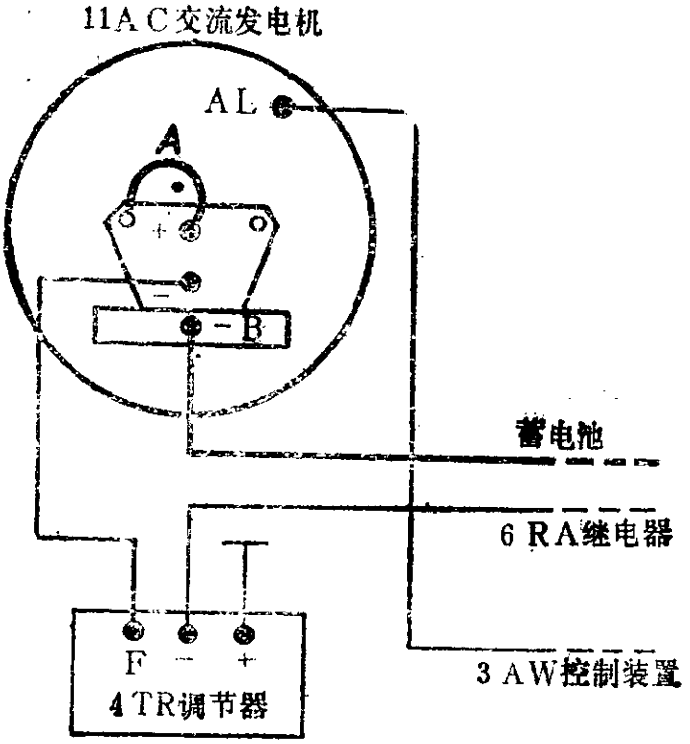


图267　正极接地的局部电路图

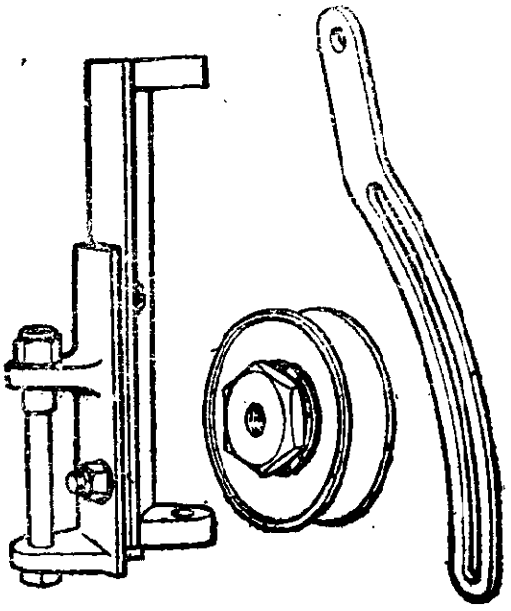


图268　机械安装附件

交流发电机的皮带轮与发动机的皮带轮应严格控制在一个平面上。皮带的张力是通过图 268 右侧所示的调节杆来进

行调整的，这是通过用手在总长的中间以适当的力压皮带而产生的行程约在0.5in为合适。然后，须拧紧调节杆与支架的螺母与螺栓。

电气配件

4TR型调节器应安装在既通风又防溅的位置。检查灯的3AW控制装置以及6RA型继电器也应安装在防泥污的地方。前面对这一重要装置已进行了介绍，如图265所示，该调节器有三个接线柱：F，“－”与“＋”。调节装置安装在“＋”、“－”接线柱之间(负接线柱接地)，该装置包括两个晶体管，一个稳压二极管，一个磁场绕组放电二极管，一个热敏二极管以及电阻。接线柱F与磁场绕组的负接线端相连；磁场绕组的接地回路是由调节装置及其“－”接线柱来保证的。

6RA型继电器有好几个接线柱，而且是可以变动的。图265所标的接线柱是最简单的一种接线法。图中仅标为四个接线柱，W_1与W_2是继电器电磁铁的绕组两端，它们与控制电路相连；C_1与C_2与振动臂及触头相连，亦接入控制电路中。电磁铁与振动臂都在图中标出来了。因而可知控制电路是从蓄电池出发通过起动开关，经过磁场绕组“＋”接线柱以及通过调节器与接地相连的“－”接线柱形成的电路。因此，当接通点火开关，便接通了蓄电池与磁场绕组。当关闭点火开关，便断开了蓄电池与磁场绕组。这样连接就有双重好处：一是从怠速开始起就开始有正常的磁通量，从而有利于低速工况下充电；一是当发动机停止工作，切断磁场电流，从而避免蓄电池的大量放电。

若是柴油发动机，则控制继电器的点火开关则由控制加热器、起动装置及柴油发动机其他特殊装置的开关来代替。

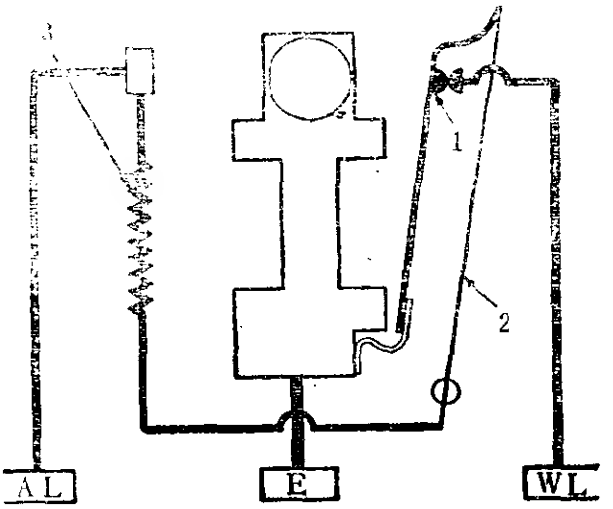


图269　检查灯控制装置的线路图

图 269 是检查灯控制装置的线路图，其控制盒有三个接线柱：

——与指示灯相连的 WL（警告灯）接线柱，指示灯的另一端通过点火开关与蓄电池相连（见图 265）；

——与接地相连的 E 接线柱；

——与交流发电机的接线柱 AL 相连的接线柱AL；

——1 是观察灯的控制触头；

——2 是一根可以伸展的热丝，它可切断触头 1，这热丝是与电阻 3 相串连的。其工作原理如下：当借助点火开关将指示灯接上蓄电池电压时，观察灯电路通过触头 1 与接线柱E而接地，形成关闭。当定子发电时，经过 AL，3，2 与 E 的电流将导线 2 加热，切断触头 1，指示灯不再得到供电而熄灭，表明发电已经发电。当发动机停止工作时，指示灯又重新发亮。

若是 24V 的交流发电机，则需加入一个经过计算的具有适当电阻值的电阻，把它安装在控制盒外部，使与电阻 3 相串联。

电流表的接线按一般方法进行，以便使其显示所有的蓄

电池充电电流与放电电流，但不显示起动电流。

接线与注意事项

图 265 是负极接地汽车上的交流发电机的接线图。

有两点需引起注意：

——在正常工作时，连接起动继电器与磁场继电器接线柱 C_1 的电线 NW 必须严格遵照上述接线原理，即使有其他更好的接线法也必须如此，这样做的目的是使调节器很好地置于蓄电池的电压之下。

——调节器的安装方向可任意选择（即使上下倒置也行），因为没有了触头振动调节器的束缚。

接线时不要忘记如下注意事项：

——不需对交流发电机进行任何通电极化。通电试验可能损坏交流发电机、调节器与电路（二极管就有良好的极性）。

——蓄电池极性检查应在所有的连线接通之前，任何一个接线错误都会引起整流二极管的毁坏。当用外部电源为蓄电池充电时，必须断开交流发电机。

——按接线法接好线后，蓄电池电压就加在整个充电导线及交流发电机的接线柱上了，即使在发动机停止工作时亦如此。所以，将此充电电线接地是非常危险的。

——假若交流发电机的磁场绕组的线已接通，但未与蓄电池相连时，绝不能使交流发电机转动。

——不能用带有手摇发电机的欧姆表检查整流二极管或晶体管（以防产生过电压）。

——当点火开关接通时，电线 NG 与 NY 不能接地。

——不能让皮带打滑，皮带张力应在最初行驶 50 mile（1 mile 等于 1609m）之后进行检查，以后定期进行检查。

三十四、卢卡斯15AC和15ACR型交流发电机

这两种交流发电机进行了如下两个方面的重大改革：一是采用了包含有9个二极管的4DS5型整流堆，也就是说将包含6个二极管的常用整流桥与3个激磁二极管结成一个不大的整体，用它来代替在某些交流发电机中采用的较大体积的二极管组；二是采用了8TR型"厚膜"调节器，它安装在15ACR型交流发电机上，从而构成一个完整紧凑的、重量很轻的交流发电机。对于15AC型交流发电机来说，这种调节器是自成一个单独的产品。

这两种具有重量轻、体积小的优点的交流发电机用于轿车与轻型商业车辆上。

总体结构

图270是安装有外壳的15AC型交流发电机；图271是取下了外壳的15ACR型交流发电机(可看到调节器的位置)；图272是安装在奥斯汀型轿车上的15ACR型交流发电机。图273是15ACR型交流发电机的分解图。

定子是三相的，其绕组呈星形连接。两个铝压铸的光滑端盖支撑定子和外壳，并通过高转速的滚珠轴承来支撑转子。其中一个端盖支撑安装有转子滑环的轴端及整流堆（对于15ACR型交流发电机来说，还支撑调节器，见图271与图

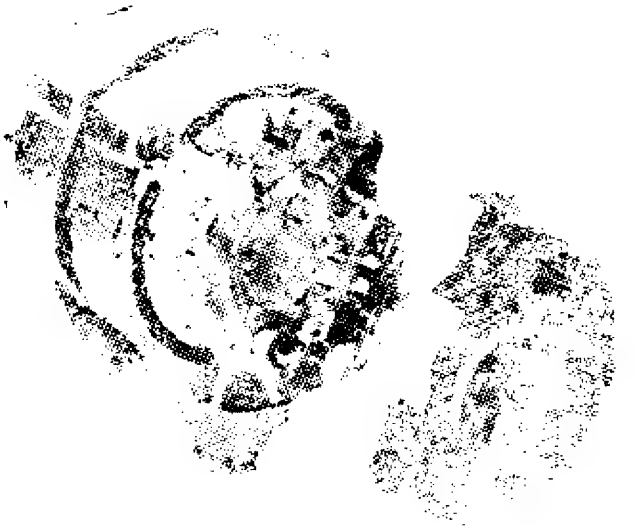


图270　取下盖子的15AC交流发电机

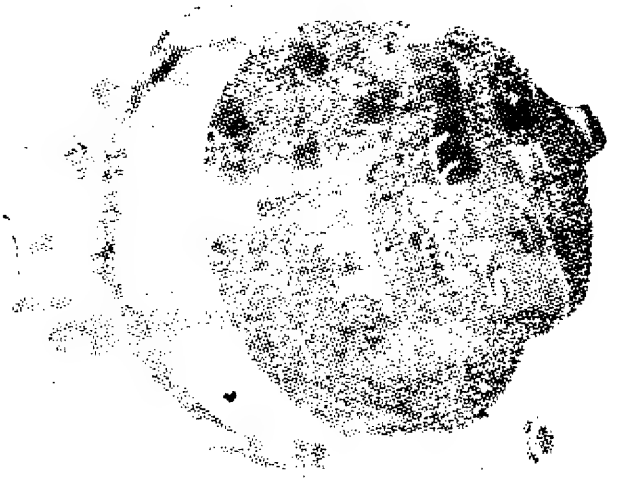


图271　装上盖子的15ACR交流发电机

273)。另一端盖支撑安装有传动皮带轮与风扇的转子轴端。

刷架位于固定在滑环一端的端盖外面的保护罩内。该保护罩包住刷架、滑环和轴承，使其防尘防潮。

转子有12个电极，由固定在轴上的皮带轮驱动。钢板风扇直径为117mm,安装在皮带轮一侧，保证交流发电机的空气流通。

滑环是一个专门装置(见图273),它们由一个直径很小的

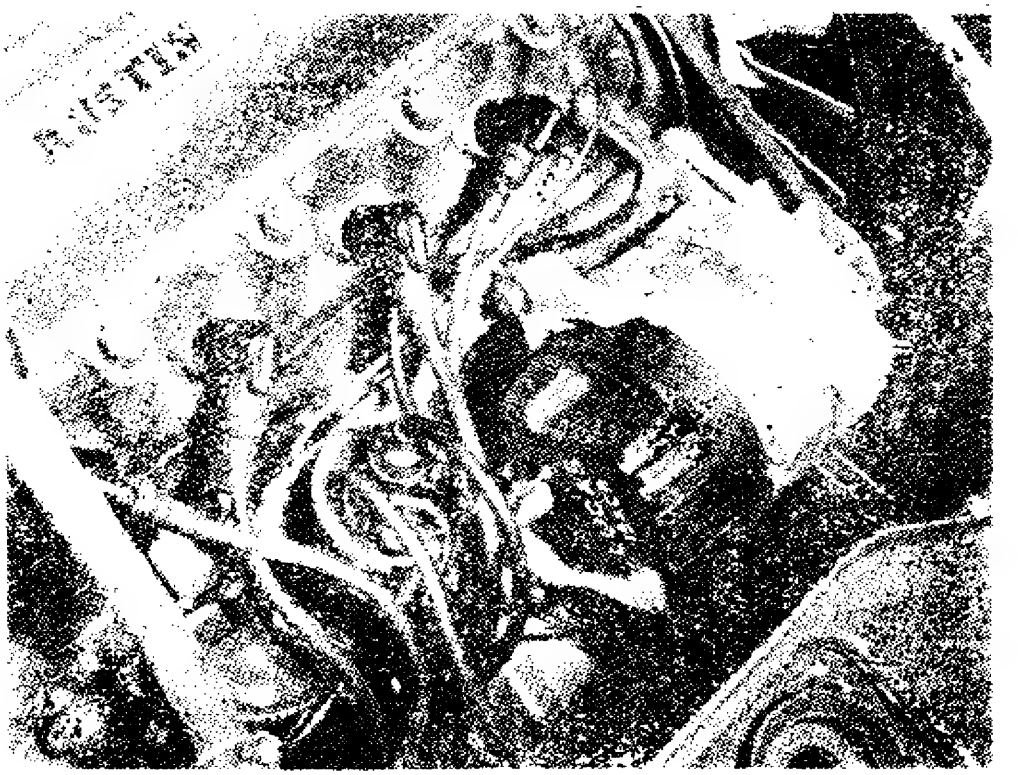


图272　奥斯汀汽车上15ACR交流发电机

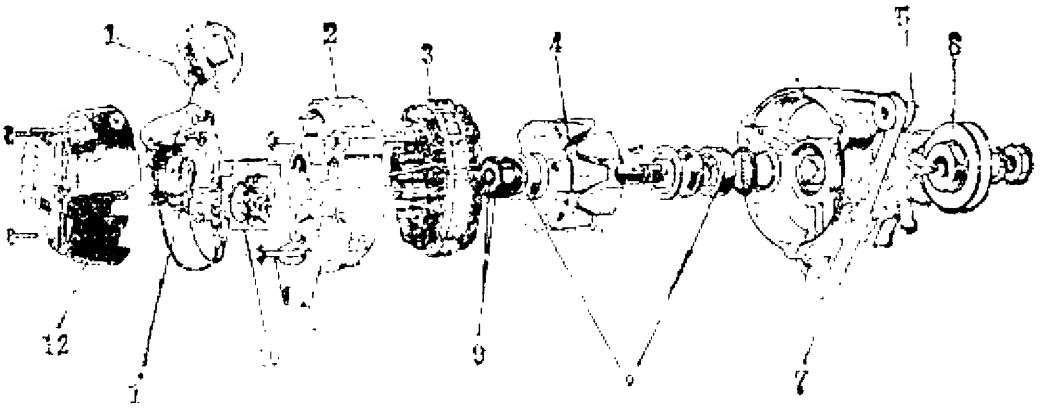


图273　15ACR型交流发电机分解图

1．整体式调节器；2．滑环一侧的端盖；3．定子；4．转子；5．风扇；6．皮带轮；7．驱动端端盖；8．球轴承；9．滑环；10．整流装置；11．电刷架；12．罩子

用金属铸成的圆柱体来支撑，该圆柱体安装在转子轴上，滚动轴承的前方。内刷环安装在转子轴的中心，外刷环的直径约为 1.9cm。由于滑环的直径缩小了，滑环与电刷由于转速而引起的磨损降低到最小限度。滑环通过安装在转子轴上凹槽中的导线与磁场线圈相连。

交流发电机的重量(包括风扇)为3.29kg,总长为178mm,转子直径为114mm，最大转速为12500 r/min。从驱动端盖看旋转方向为顺时针方向。

特性曲线

图 274 表明在环境温度为20℃，端压为14V时的交流发电机的电流与转速的关系。

安装这种交流发电机的汽车在一般正常的道路条件（包括湿度、灰尘及腐蚀等条件,环境温度为−30℃与90℃之间）下行驶的性能是令人满意的。它不应安装在可能行驶于积水或污秽中的汽车上。

由于这种交流发电机的额定电流在转速为6000 r/min时

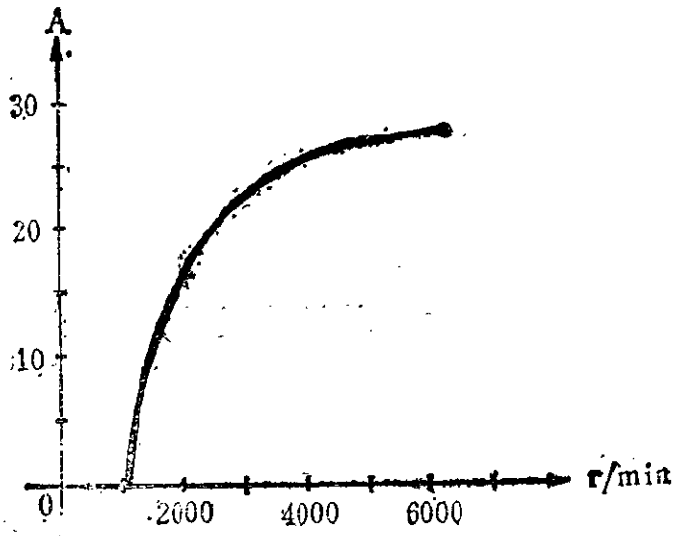


图274　在环境温度为20℃，端压为14V时交流发电机特性曲线

达到28A，可用它代替标准的卢卡斯C40型直流发电机，替换后电流增大25%，重量减少约50%。

特　点

主要指下面两个特点：

一是采用了4DS5型整流堆，它包括9个二极管，其中6个为主电流整流，3个为激磁电流整流。在正常转速下，定子的电流经激磁二极管通过滑环提供自激电流。这种型号的整流堆所占的位置要比通常使用的整流装置小。

第二个特点是采用了带有微型电路的8TR型"厚膜"调节器，这种调节器占的位置小，重量轻，性能好。对15AC型交流发电机来说，这种调节器是分装式的，但对于15ACR型交流发电机来说，这种调节器是内装式的。

这种调节器中安装有电阻与用氧化铝、钯、银制成的导线，两个电容器，5个半导体元件(其中有3个晶体管，1个稳压二极管，1个磁场轭流圈和电流放电二极管)。

这一装置的特点是形状偏小。整个装置呈方形，边长2.54cm，，厚0.159cm。在图276中可将该调节器的集成电路板和常见的具有3联组件的RB340型调节器进行比较。这个方形装置安放在一个铝制散热外壳中，表面涂有一层硅树脂，以便保护不受环境损害。整个调节器安装在滑环一端的支座上(见图271与图273)。

调节器重量为37.5g，其外形尺寸为89×51×19mm。

接　线

图276是15ACR型交流发电机的原理图，图中看不到调节器，因为它安装在交流发电机内部。根据前面已经讲过的

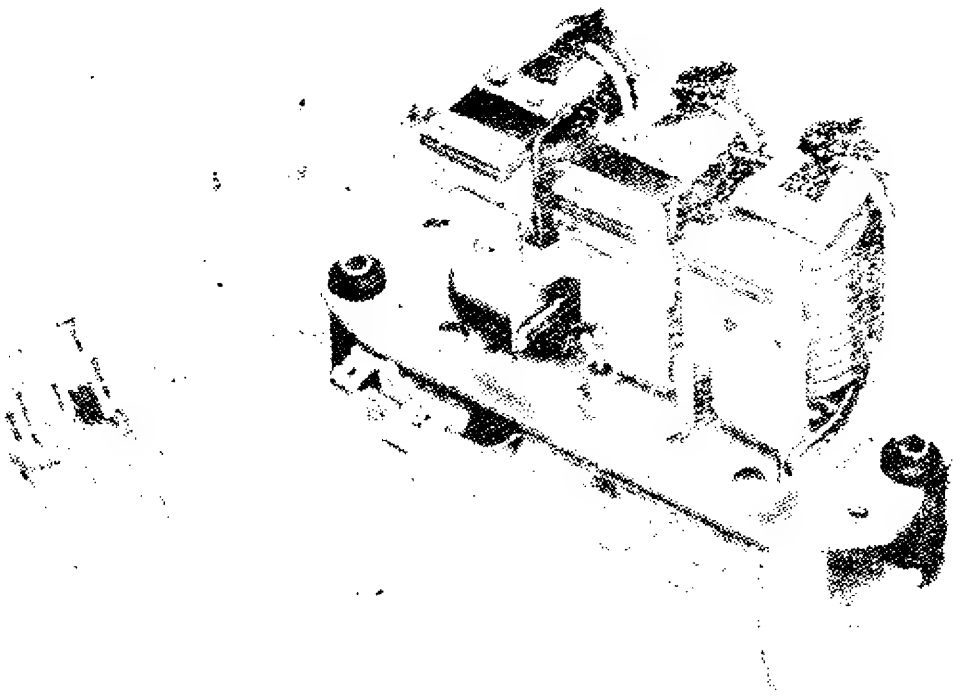


图275　8TR调节器的比较

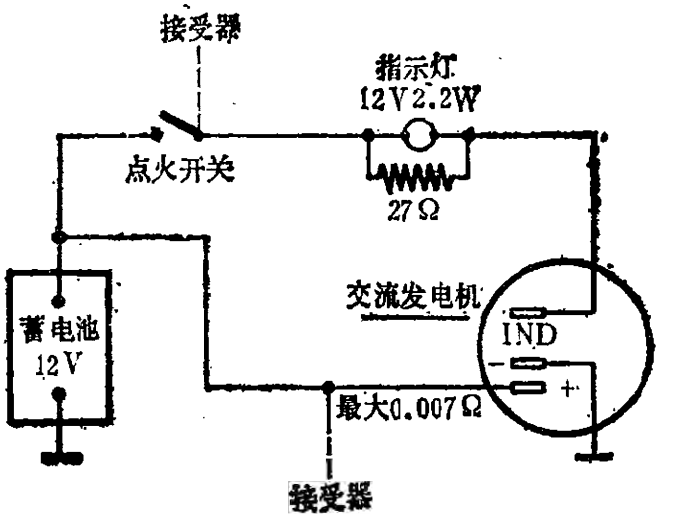


图276　15ACR型交流发电机线路图

原理，该电路中包含一个指示灯和一个激磁用电阻。电路中没有控制磁场电路的继电器。

维　护

滚动轴承只需上一次润滑油，不需进行其他维护。只有电刷与滚动轴承可能会有磨损。电刷在行驶近 120 000km时应进行检查，必要时可更换。

三十五、卢卡斯8TR型电子调节器及其微型电路和制造技术

随着电子技术的不断发展，越来越多的汽车交流发电机的电压调节器也随之不断得到改进。卢卡斯公司已将晶体管调节器改革成电子调节器，研制出具有厚膜微型电路的8TR型电子调节器。上文中虽对8TR型调节器作过了介绍，但对其内部与工艺情况尚未加以说明。下面简单介绍为汽车电气专业人员所感兴趣的三个问题：

——研制8TR型调节器的理由；

——微型电路调节器的特点；

——制造工艺。

汽车电压调节器的演变

可以通过三种途径来使发电机的电压调节器应用于交流发电机（须知交流发电机是不使用电流调节器的）：

——配用新发电机上的振动式调节器，使它的性能结构适应新的工作条件。这种途径目前是一个重要的解决办法。

——改进传统的调节器，通过引进电子元件来改善其敏感的部件——触头的性能，将其改革成为所谓“晶体管调节器”。

——取消振动开关，全部采用电子元件。

虽然目前使用在传统汽车上的振动器的工作性能良好、

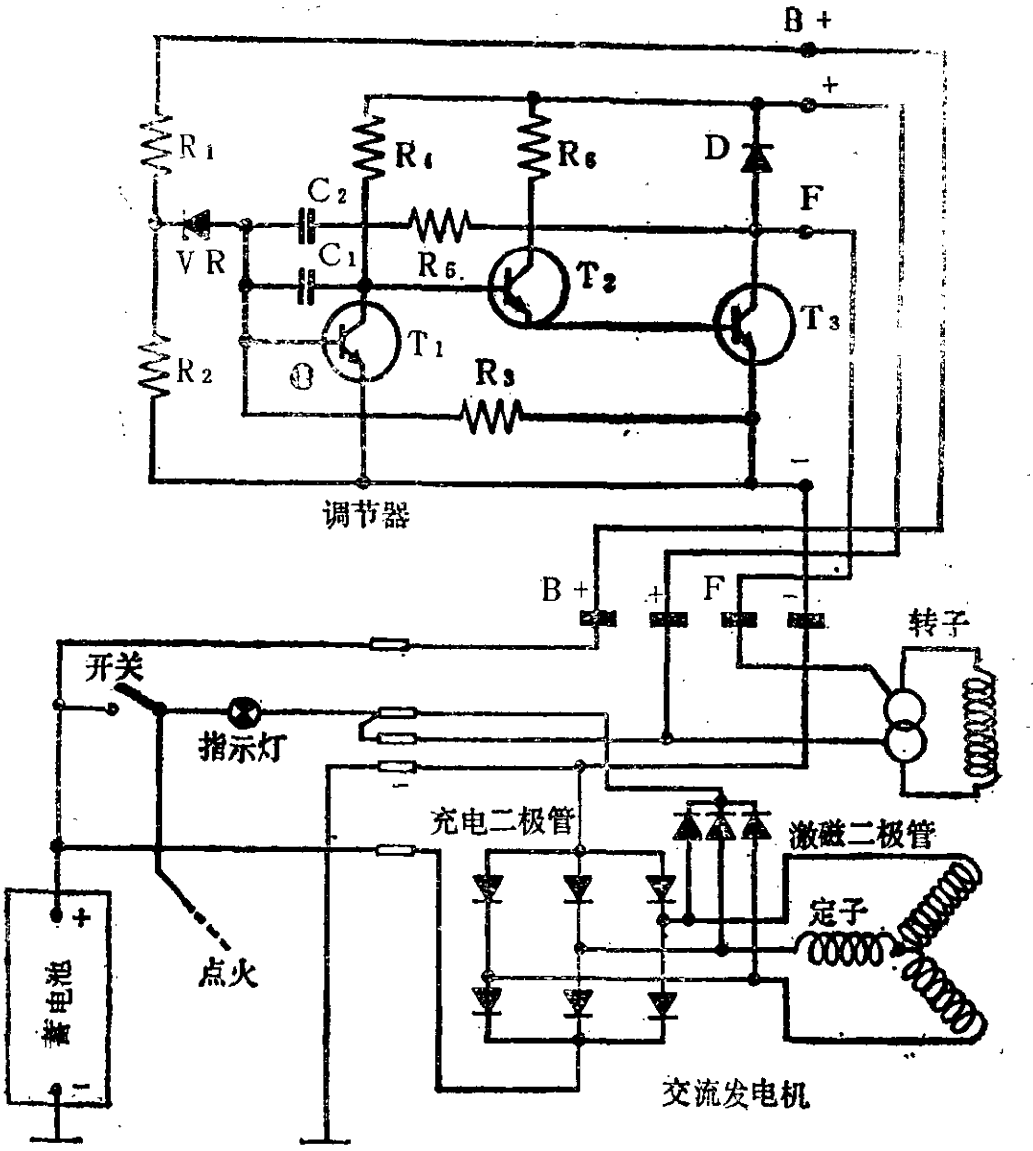


图277　装微型电路 8TR型调节器的交流发电机线路图

制造电子调节器的成本昂贵，但是第 3 种途径从发展角度看是最令人满意的。因此，卢卡斯公司大胆地采用了第三种解决办法，首先研制出2TR型晶体管调节器(见第三十一章)，之后又研制出具有 2 个晶体管的印刷电路的4TR型电子调节器(见第三十二章)，最后研制出具有 3 个晶体管的厚膜微型电路的8TR型电子调节器。

工艺上的困难

第一批电子调节器存在如下一些缺点：

——调节器不能直接从点火开关安全地得到供电，这是由于多个用电装置的电流均流经点火开关。由于受到调节的影响，这些电流将发生变动，这种变动又使点火开关的端压降发生变化，最后使调节器的端压也发生变化，从而调节干扰作用。为了克服这一缺点，便引进一个继电器，用它直接为调节器供电，并阻止蓄电池向磁场绕组放电。

——指示灯则由第二个继电器供电，该继电器直接处于交流发电机的一个相位电压之下。

——电缆连接是比较复杂的，因此，安装费用亦比较高。各装置的外部电缆连接的复杂性可能导致没有经验者的操纵错误和接线错误，从而引起故障。

采用带有9个二极管与调节器的自激磁三相交流发电机，可以克服上述缺点，条件是调节器能适应交流发电机的工作条件。

因此，调节器必须具有如下基本特点：

——采用一个带有高电阻的电压检测电路，以便使与蓄电池总是相连的，电流强度减少到一定值，这样一来，就不需要采用检测电路开关。

——调节器的功率消耗低，并有在环境温度为110℃时也能进行工作的性能。

——能够经得起剧烈振动的考验。

——在使用时不需进行调节。

——具有高度的可靠性。

——体积要尽可能小。

上述特点可通过采用微型电路来获得，其理由如下：

——整个微型电路只需涂上一层保护层，即可降低成本。

——可以采用更多的晶体管(不是2个而是3个)和更大的放大器，这样，检测电流更小，能与蓄电池永远相连。

——由于组件的重量更轻了，微型电路能够承受更大的振动。

——由于减少了连结接头的数目，所以可靠性更好了。

——外廓尺寸可尽量缩小。

为了缩小一个电子装置的体积，有如下解决办法：

1．首先对安装带有导线的分离元件，对所用元件和导线要进行选择，将它们相互连结起来时要考虑到使它们所占的空间达到最小限度。

2．可以采用单块的硅集成电路，即适应某一固定作用(放大、振动，等等)的电路，在该电路中，所有的电子元件如晶体管、二极管、电阻与电容全部用扩散法制作在硅片上，然后在外面喷镀金属将它们连结起来。这样一来，就可减少传统电路中所需要的80%连线。这种装置体积小，重量轻，可以经受冲撞与振动。但是，必须在市场上去寻找这种与所要研制获取的性能完全相适应的工作电路。

3．否则，应考虑采用薄膜电路，在此电路中，导线和电阻是在硅酸硼玻璃基片沉积了镍金材料之后，用光刻工艺来成形。这些均属连接结构并用来组装分立元件的，这种同时带有组装的分立元件和薄膜电路的结构称之为混合电路。薄膜是用内含惰性氦气的金属罩封装保护的。

4．最后，可以采用厚膜混合集成电路，下面以卢卡斯

厂制造的调节器中的这种电路为例子以说明，该厂之所以采用厚膜电路，主要有以下理由：

——便于大批生产，减小型号，利于改装。

——体积大小理想，功率消耗也理想。

——与分立元件一起对电路进行了充分的研究和定型后可以很容易就换集成的混合电路。

——厚膜技术十分成熟。

——设备费用低，生产周期短。

——调节器易于调整，可用一个在很细的空气喷咀中带出来的带四氧化铝的气流，来磨制相应的电阻的方法来修整电阻值。

——产品有缺陷时可以修复。

——基础电路可用于有微小差别的另外一种系列的调节器上。

调节器的基础电路

可以采取传统的基础结构，虽然这不是唯一的一种。该结构的电路图，如图 277 所示。可以从该图中看到交流发电机定子、带滑环的转子、以及其 9 个二极管（其中 6 个为充电二极管，3 个为激磁二极管），还有上部的整体式调节器（与分装式调节器的区别在于增加了一个电阻）。

8TR型与4TR型调节器的主要区别是，前者有 3 个晶体管，而后者只有 2 个。这些晶体管是串联的。电压调节器的电路组成为一个压电路，与稳压二极管（代号为 VR）电路相接，它有较高的电阻，以致可永久性接到蓄电池上。这个电阻可以防止在较高电压时或用外部电源对蓄电池以较高的充电率充电时所造成的损害。在这电路上蓄电池的放电电流限

制在 8mA 以下可认为是蓄电池自动放电特性所规定的范围。

采用了由 3 个晶体管(T_1、T_2 与 T_3)组成的"高增益"电路为补救很大的压降。

为了避免电压随着温度的升高而升高，对稳压二极管VR电路中的电阻 R_1 与 R_3的电阻值进行了计算，以抵消二极管VR 的正温变系数的影响。晶体管 T_1基极——发射极之间的负温度系数可随着温度变化而使电压有轻微下降。

晶体管 T_1、T_2 与 T_3 是NPN型 晶体管，与 4TR 型调节器的相同。采用 NPN型晶体管，是为了利用硅材料，而另一种型号的晶体管是应用锗材料。

另两个特点如下(4TR 型调节器已具有这两个特性)：

——引进了一个调节反馈电路，其目的是通过提高截止和导通频率来减少功率电路(T_3 的电路)中的能量消耗。

——引进了抗无线电干扰的电路。

上述电路的作用将在"调节器的工作原理"中予以说明。

调节器的工作原理

8TR型调节器的一般工作原理是大家所熟悉的，但由于它具有刚才所讲的那些特点，特作如下说明。

接通开关后，蓄电池电路通过指示灯与磁场绕组相连，电路经过 B+、R_1 与 VR，至晶体管 T_1，但不能通过 T_1，因为此时电压太低，VR 不能导通，T_1 亦不能导通。T_2 导通，因为它的基极由 R_4 供电，它为 T_3 的基极供电，使得 T_3 可以通过磁场绕组电流。要注意的是在 NTN 型晶体管内电流是从基极流向发射极的(如箭头所示)。这时，交流发电机发电，可以通过 3 个磁场二极管为磁场绕组供电。

当电压升高时，T_1的基极可以由 R_1 与 VR供电，电容器

C_2 放电，T_1 开始导通。通过 R_4 的电流不是流到了 T_2 的基极，而它可经过 T_1。T_2 开始截止，并导致 T_3 截止。T_3 中的磁场绕组的电流降低，由于自感应的作用导致F的电压升高，这时反馈电流经过 R_5 与 C_2，加强了通过 VR 供电的 T_1 的基极电流加速了这一动作，也就是 T_2 和 T_3 的截止动作，就可达到 T_1 的快速导通和 T_2、T_3 的完全截止。

F的电压降低，C_2 的反馈电流逆向增大，使 T_1 的基极电流减小而逐渐截止，T_2 与 T_3 则重新全部导通，如果这时保持有足够高的电压，则开始下一个循环。这种循环通过 C_2 的充电与放电而得到加强。循环周期随着蓄电池电压而变化，蓄电池电压本身又根据充电状态与用电设备的消耗情况而变动。

保护二极管D有两个作用，一是保护 T_3，使它能避免由于磁场绕组磁通量的变化而产生的过电压；二是在 T_3 截止时允许磁场绕组电流通过。

由于电路的迅速换向而引起的对无线电频率干扰受到电容器 C_1 的限制，C_1 并联在 T_1 的基极与集电极之间。

调节器的制造

焊接技术——鉴于所选用的两个分立电容的电极是银质的，必须选用合适的焊料来焊接固定，对其他各连接点也采用同一焊接技术进行固定。由于厚膜的导体印料需涂得较厚，考虑到成本和良好的传导性，所以选择了钯-银焊接。

鉴于半导体和电容器壳体的结构，其外表面必须与印刷电路实现电连接。现正从印刷技术或 0.18mm 厚的铜板酸蚀照相制板技术中研制出一种特殊连接点。这些连接点可以经受膨胀和收缩，从而可限制焊接点的负荷，而不会因材料热

膨胀系数的不同受到影响。

制造过程——先用超声波清洗每边为25mm的方形铝基片，再在基片上印刷电路。使用的印刷器是丝质镂花模板印刷器。印料中掺有银、钯微粒并加有玻璃粉的有机溶剂。必须认真选择铝基片，要有很好的散热性。整个接线情况如图278所示。

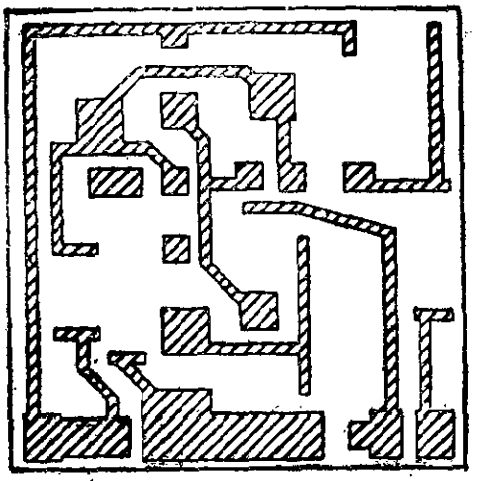


图278　仅印制有连接导体的铝基片

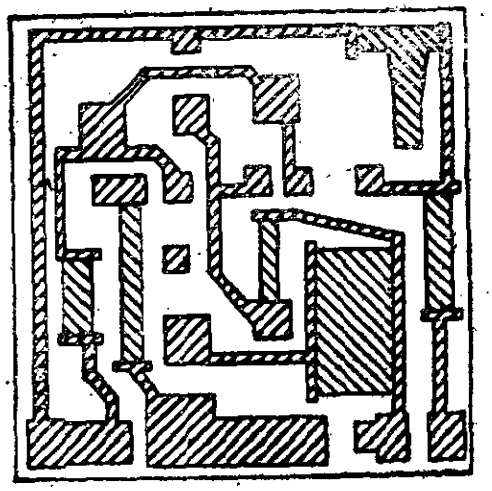


图279　带连接导体和电阻的完整的氧化铝基片

基片在印刷电路后，需放在约1000℃的高温下烧结。然后印刷以钌为基的电阻的图案。这样就可得到如图279所示的图形。之后，再将它进行烧结和检验。电阻印料中掺有高粘度贵金属氧化物、玻璃胶合剂和有机溶剂。

接着将每块基片安放在一个固定装置上，并将两块掩模板安放在基片上。第一块掩模板的作用是确定半导体底座和电容器板的焊接点以及这些元件本身的位置；另一块掩模板的作用是确定另外一些焊接点以及一些标准长度的金属连线。然后将整个装置放在一块加热平板上加热，以获得这些焊接点。

全部接线情况如图 280 所示，该图中电子元件和电容器已与图 279 中的印刷电路及电阻相连。其电路图就是图 277 中的电路图。其结构情况可与前一章中图 275 所示的照片相对比。

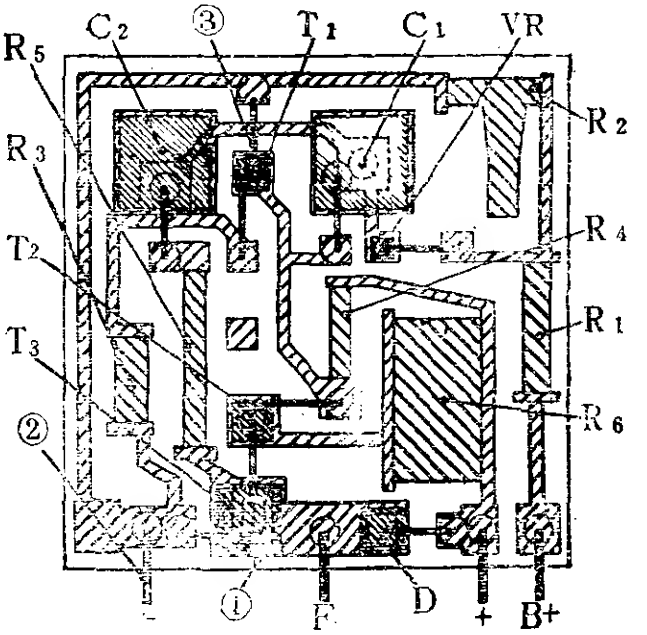


图280　基片接线图

①基片；②接线柱；③连线；T_1、T_2 和 T_3-晶体管；VR-齐纳二极管(稳压二极管)；D-二极管；R_1、R_2、R_3、R_4、R_5和 R_6-电阻；C_1和C_2-电容；“－”，“F”，“＋”和“B＋”都是图277中的接线柱。

接下来的生产工序是要把调节电压调到 14.2±0.05V，还可用含有氧化铝细末压缩空气喷咀在电阻 R_2 中间刻出一条宽为 0.5mm的槽的办法来达到(这也说明为什么在基片右上用的R_2电阻是一个奇怪形状）在调整好之后，要用干净的低压压缩空气将电路中的灰尘清除干净。

安装——在安装基片之前，首先要将散热器上面的滑油清洗干净，并在其基片正面涂上一层硅油，然后再在基片反面以及散热器上已涂有硅酮的固定面涂上胶合剂，并将这两

部分用足够的压力压紧以排除中间可能存在的空气，使得胶层有良好的结合能力。当基板固定在散热器的凹槽中后，编组引线与基片相联的接头上喷涂一层硅油，凹槽内就填上硅胶封裹，最末经烘烤后，将绝缘引出线焊接在编织引线的自由端上。

试验——制造过程中各阶段的主要试验如下：

——对基片上的薄膜试验；

——测量保护二极管的正向压降和输出用的功率晶体管的饱和压降；

——用给定的电压进行开断试验；

——调节电压的试验，以及随交流发电机的负荷与转速的工作频率而变化的电压变化试验。

三十六、卢卡斯15、16、17和18ACR型交流发电机

简　介

这两种交流发电机表面看起来一模一样，但是17ACR型交流发电机要长6.3mm。图281是15ACR、16ACR与17ACR型交流发电机在电压为14V时的特性曲线。它们适用于顺时针方向旋转，由皮带进行传动，安装在以接地为回路的汽车上。

电压的控制是通过8TR型电压调节器来进行的。调节器安装在后端盖上，在它的旁边还可安装一个反干扰电容器。

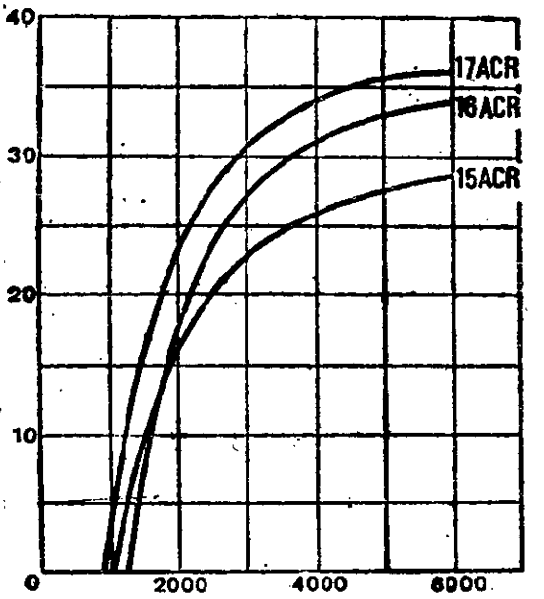


图281　电压14V时特性曲线(热交流发电机)：根据转速的电流强度

电连接是通过一个带有两个插件的不可倒接的连接器来实现的，因而可以保护交流发电机。交流发电机带有接地回路。如需要将交流发电机直接接地，则用一根接地电缆直接与发动机相连。

这种交流发电机的分解图也就是第三十四章中第273图15ACR型交流发电机的分解图。图282是这种交流发电机及其内装式调节器的内部接线与主要的外部接线的电路图。

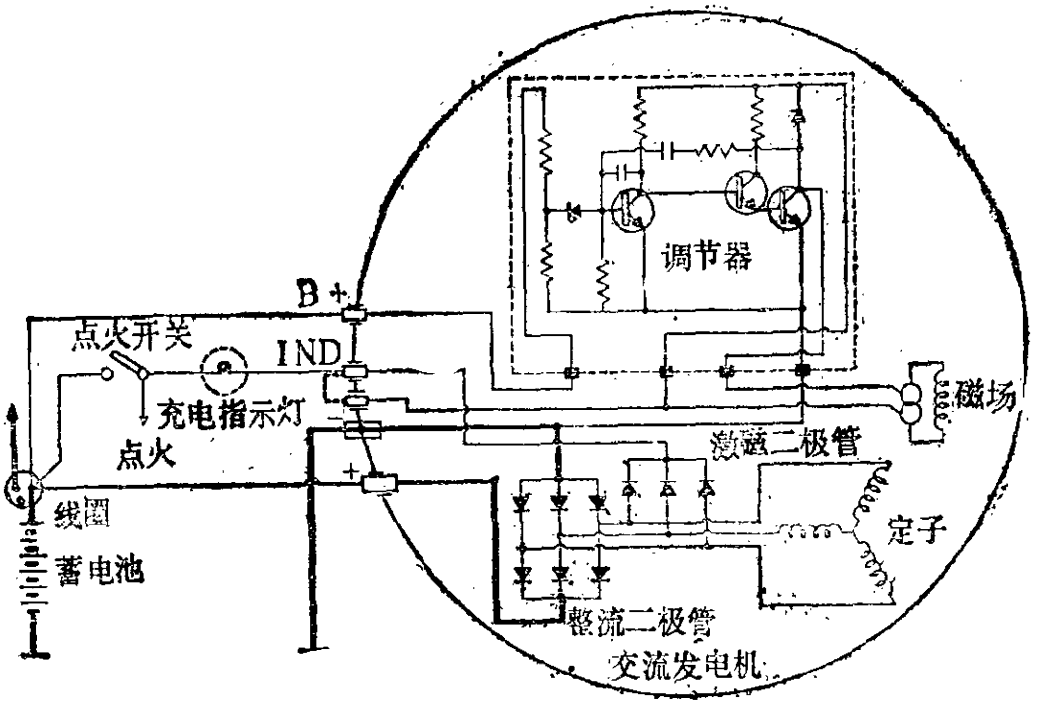


图282　卢卡斯17ACR交流发电机及其调节器线路图

技术规格

额定电压：12V

接地极：负极

旋转方向：顺时针方向(从传动侧看)

在电压为14V、转速为6000r/min时的热态下额定电流：34A（对于16ACR型交流发电机来说）和36A（对于17ACR型交流发电机来说）。

电极数：12

相位数：3

定子绕组连接：星形

转子连续工作最大转速：12 500 r/min

带风扇的重量：16ACR型为3kg

17ACR型为3.85kg

定子相位上每一个绕组的电阻：0.133Ω（温度为20℃下）

温度为20℃时的转子绕组的电阻：

16ACR型为4.33Ω（±5%）

17ACR型为4.165Ω（±5%）

滑环上的电刷：12.7mm

电刷弹簧的张力：198～283g，电刷压力的方向是与转子轴平行的

8TR型调节器电压：14.1～14.5V

交流发电机的接通与结构

来自点火开关的电流经过充电指示灯，进入磁场绕组，产生一个弱磁场，补充磁极的剩余磁场，以便迅速使发电机激磁（见图282）。电流的整流是通过6个硅二极管来进行的，这6个硅二极管安装在型号为4DS5的整流盒中，相互连结成一个三相整流桥。整流盒中还有三个为转子绕组提供直流电的激磁二极管。

滑环侧向安置在固定于转子轴上的小鼓轮上。它们与磁场绕组的连接是由安放在转子轴凹槽中的电线来实现的。

刷架安装在前端盖上，是用螺钉将其固定在滑环侧轴承的外部，带有防尘防潮装置。

转子轴的每端都由一个滚珠轴承来支撑，滑环端使用加有防护罩的密封滚珠轴承，传动端则使用标准滚珠轴承。对连续工作的交流发电机在两端用橡皮圈密封。安装时两个滚动轴承在制造时就填满了润滑脂。

8TR型电压调节器

这种型号的调节器已在前面作过详细介绍。它在交流发电机中的安装位置如图 282 所示。图 282 与第三十五章中的图 277 相似。调节器为微型电路式。有同样的热补偿措施，以便不管环境温度如何变化使调节电压稳定，在使用过程中不需进行任何调整。

调节器包含安装在陶瓷基片上的一些电阻和半导体元件。整个装置约厚 3mm，被封装在橡胶中，从而可以防热、防尘、防潮。

蓄电池的参考电压通过一个外部连线和交流发电机的接线柱＋B，永远和调节器相接通。这就需要蓄电池提供一个弱电流，但实际上，该电流大大低于蓄电池的自行放电电流。

充电指示灯

指示灯接在激磁二极管与点火开关之间。当二极管所提供的电压与蓄电池侧的电压相等时，指示灯熄灭(见图282)。

在某些情况下，还可与指示灯并接一个电阻。当灯泡发生故障时，该电阻可为激磁的起始电流提供另一通道。否则，开始激磁只有取决于转子电极的剩磁。交流发电机的自激磁转速就可能明显地提高，至少是3000 r/min。

安装与试验

制造厂要求注意下面几点：

——新电刷长为12.6mm，电刷的使用寿命可通过测量能自由活动的电刷，在刷架槽的深度来估计。如果电刷磨损5mm后，就需更换新的。更换中间的那个电刷，必须保证专用片弹簧处于正常的工作位置。

电刷弹簧的压力检查用弹簧秤来进行。弹簧还正确地压到电刷上，以便使电刷与刷架槽保持平行。如果压力读数明显地超出规定极限(198～283g)时，则整个电刷装置应予更换。被卡住的电刷应用浸有汽油的擦布擦净，或者，如果需要的话，还要用细锉刀来轻微地锉削一下。

——滑环表面应该是光亮洁净。所有的油污均应用浸有汽油的擦布擦净。如果有烧坏的痕迹与毛刺，应用细砂纸而不要用其它的东西擦拭。更不要在发动机转动时将滑环磨削，因为转速太高可能使滑环受到严重磨损。

——不要试图去磨削转子的电极，或者矫直变了形的轴。

——安装时，在固定电刷之前需检查电刷在刷架槽内的安置是否合适。还必须保证中间电刷装有专用片弹簧。整流器的固定螺母应用0.42～0.46 kgf·m的力矩来拧紧。固定用长螺栓也要用同样的方法，用 0.525～0.576 kgf·m 的力矩紧固。

——在发动机旋转时，不应断开蓄电池的连线和充电电路的连线。

——不应对充电导线与控制导线进行“火花”试验，也就是用接地来试验其是否放电。

——应该注明与蓄电池、交流发电机以及调节器相连接头的极性。错误的接线可能导致半导体装置的完全损坏。

日常保养

——应用浸有汽油的擦布定期擦拭交流发电机的外部。

——需定期检查风扇皮带的张力是否符合规定，如果皮带损坏或有油污，则应选择合适的皮带予以更换。

——要经常检查连线是否干净与紧固。

——电压调节器不需进行任何维护。

18ACR 型交流发电机

这种交流发电机表面上与 17ACR 型相似，但是它的最大电流更大，为43A。用双电缆输出(见图 283)。18ACR型交流发电机的外形与 17ACR 型相同，但是其风扇更大，与 10/11 AC 型交流发电机的风扇一样，装有加强板，传动端盖改变了。这种交流发电机只有负极接地。

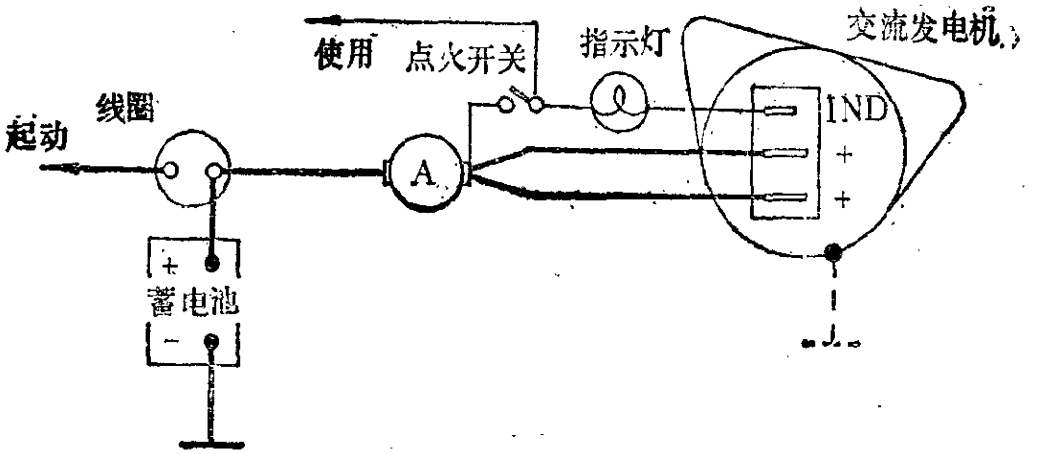


图283　卢卡斯 18ACR 交流发电机的安装图

这种交流发电机在滑环处端盖上装有一个防干扰电容器。

整流器有三个接线柱，即两个“+”接线柱与一个 IND 接线柱(见图283)。负极接在交流发电机的外壳上。

电压调节器的型号为 8TRD或者11TR，带有温度补偿。调节器的电压不论温度如何变化都是稳定的，它不要有调整装置。

主要技术规格(其余的见17ACR 型的技术规格)：

额定电压：12V

接地极性：只有负极接地

转速为6000 r/min时的热态下额定电流：43A

持续工作时的转子最大转速：15000 r/min

带有风扇的重量：3.9kg

每一个定子绕组的电阻：0.092Ω（±5%），温度为20℃时

转子绕组的电阻：3.201Ω(±5%)，温度为20℃时

电刷长度：12.7mm

调节器电压：14～14.4V

三十七、卢卡斯交流发电机调节控制电压的不同截取方式

A．在交流发电机内部截取调节控制电压的系统

这种系统是最简单的，因为电压调节器是内装式的，也就是说调节控制电压是在交流发电机的内部截取的。用这种截取方式可使端压保持一个恒定值。当电流量增大时，连接发电机与蓄电池的电缆电阻就会产生一个电压降，从而降低加到蓄电池上的电压，即降低交流发电机的可用电压（有效电压）。因此，为了缩小这一作用，即为了降低这种电压降，就必须尽可能降低该电缆的欧姆电阻，这就是为什么采用在交流发电机内部截取调节控制电压的方式时，要求缩短连接发电机与蓄电池的电缆。当交流发电机达到最大电流量时，交流发电机和蓄电池之间允许的最大电压降为0.5V。

图284为这种系统的线路图，截取导线为黄色。

B．从蓄电池截取调节控制电压的系统

在该系统中，调节控制电压的截取是通过图285中的一根白色外部连线来实现的，图285同样接有截取交流发电机电压的黄色导线。这种接线法允许采用一根因中间加有电流表之类的装置，因而有很长的连接交流发电机与蓄电池的电缆。与前一种截取系统相比较，加到蓄电池上的电压，也就是交流发电机的可用电压(有效电压)保持在一个恒定不变的额定值。但供电电缆的电阻增大时，由该电阻所产生的电压

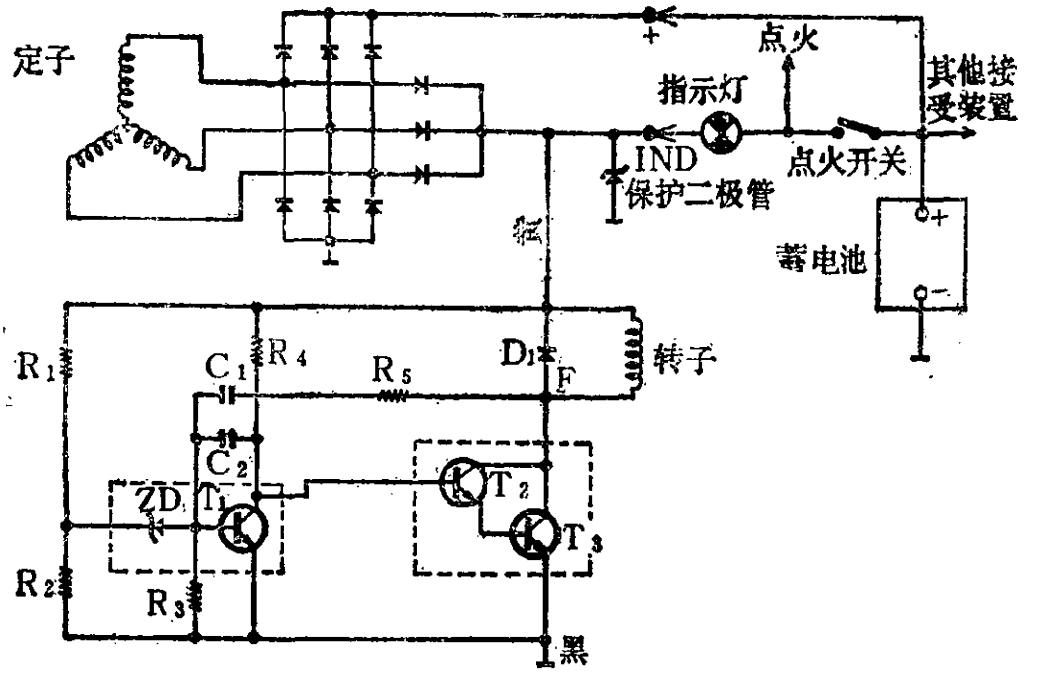


图284　匹配 14TR调节器的卢卡斯ACR型交流发电机的线路图

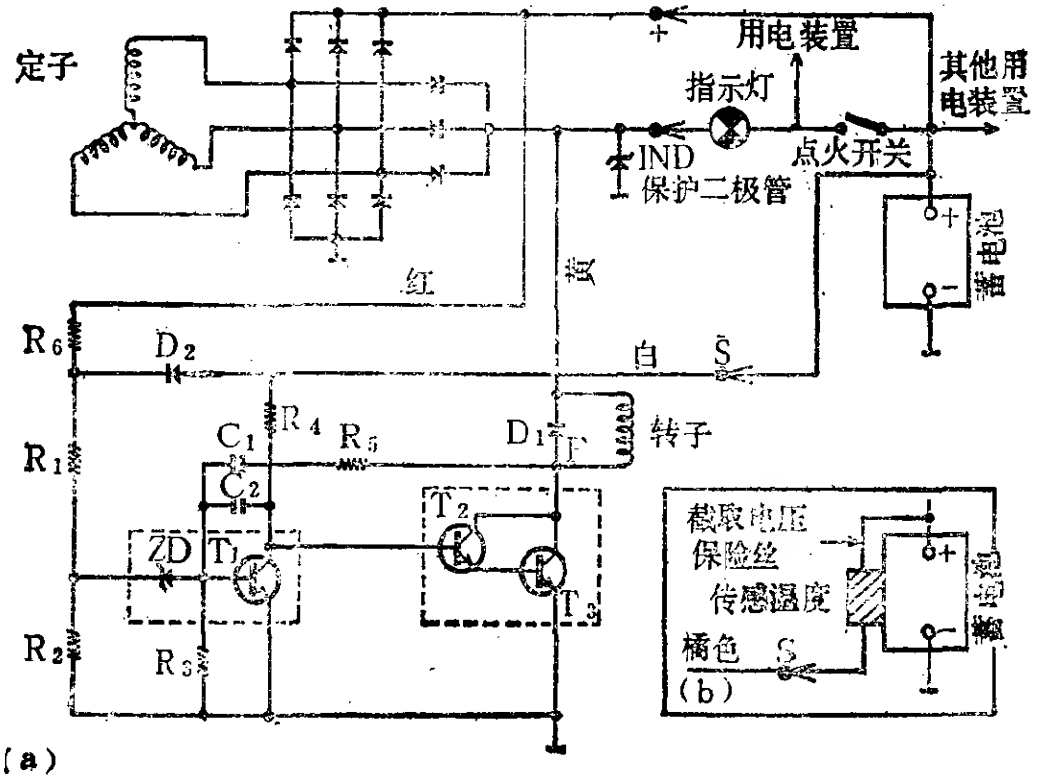


图285　卢卡斯 14TR 交流发电机线路图

a)双重截取电压的系统；b)带有同时截取蓄电池温度的系统

降就会引起交流发电机的电压升高，而发电机电压的升高又会使激磁电流与交流发电机的输出电流增大。因此有必要使供电电缆的电阻值尽可能减小。

C．根据蓄电池的温度而采取补偿的系统

当蓄电池处于温差起伏变化很大的情况时，应及时调节电压。所谓补偿：或者在温度下降时增大充电电流，以保证对蓄电池的充电；或者在温度升高时，将电流降低到一个微弱的补充电流值。温度探测器安装在蓄电池槽(壳)上，如图285中的 b 所示。

三十八、卢卡斯保护雪崩二极管

目前，在ACR型交流发电机调节器的IND接线柱上(法国制造厂家称为激磁接线柱)接有一个吸收晶体管电流的保护装置，这种晶体管电流主要是由于接线不良或者由于交流发电机与蓄电池之间的主要连线中断而引起的；危险的晶体管电压也可能来自点火系统(特别是在蓄电池被断开时)。该保护装置为这种不适时的电流提供一个通路，使它消失而不对半导体元件造成危害。该保护装置是用在需要时产生象保险丝那样的作用，而提供安全保证。

雪崩二极管

雪崩二极管可以起到上述保护作用。

要知道，置于反向电压下的二极管会产生漏电，也就是说允许通过一个微弱的电流。在理论上讲，这样的二极管只能允许电流从一个方向流过。当反向电压高于额定值时，二极管就会被击穿，而不再起到阀门的作用，就象这个阀门置于一个很大的压力下时所发生的情况那样。二极管被击穿是因为：

——自由电子的运动造成温度上升；

——很强的反向电压力电压，从原子中产生出电子；

——雪崩现象，由于自由电子在晶格中的运动和冲击而产生新的自由电子，而这些新的自由电子也以同样的过程使

晶体产生自由电子。如此继续下去，这种过程，如同山上可怕的雪崩一样，造成二极管击穿。

这样，危害的电能峰值便找到了一个通道，除了保护二极管本身外，该峰值对其它的半导体元件不再有任何危害。

正常情况下，二极管在雪崩通过之后，当电压消失时又恢复常态。然而，在不利的情况下，即相应的电压特别高时，保护了调节器半导体元件的二极管本身的晶体可能会被损坏，造成永久性接地。在这种情况下，二极管就已完成它的保护作用而变得有害了，必须象保险丝之类的元件一样予以更换。

然而，保险丝会切断电路，二极管会造成电路短路，电流不再通过激磁绕组，交流发电机停止发电。

电子装置中的齐纳二极管就是这种雪崩二极管。该二极管在一定的电压下被击穿，在电子调节器中这个电压是一种基准信息，在工作过程中这个信息总是在起作用。但是当超出它的功能范围时也可能被损坏。

接　线

在卢卡斯交流发电机系统中，二极管有两种类型，有两种接线方法，均用图 286 表示。但是就同一台 ACR 型交流发电机上应该是一定的，即这一种或那一种二极管。图 287 中可以见到的雪崩二极管的符号同样也是齐纳二极管的符号。

用第一种接线法安装的是编号为 54486144 的二极管，另一种接法用编号为 54386877，后者装在代号为 23713 的交流发电机上相当于第一种接法，并可在制造时没有被安装的交流发电机上补充安装。

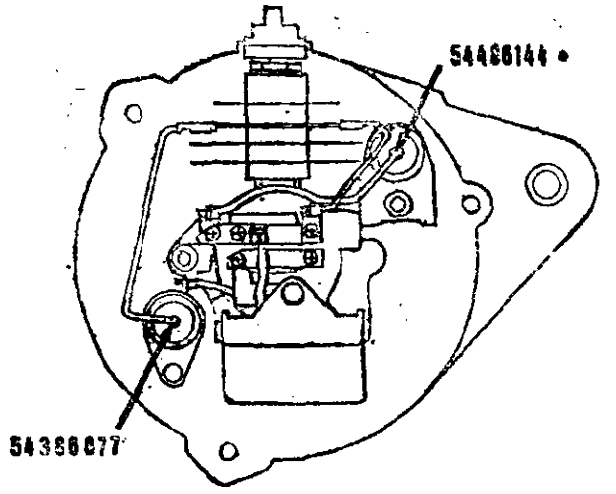


图286　卢卡斯 ACR 交流发电机中保护二极管的两种安装类型

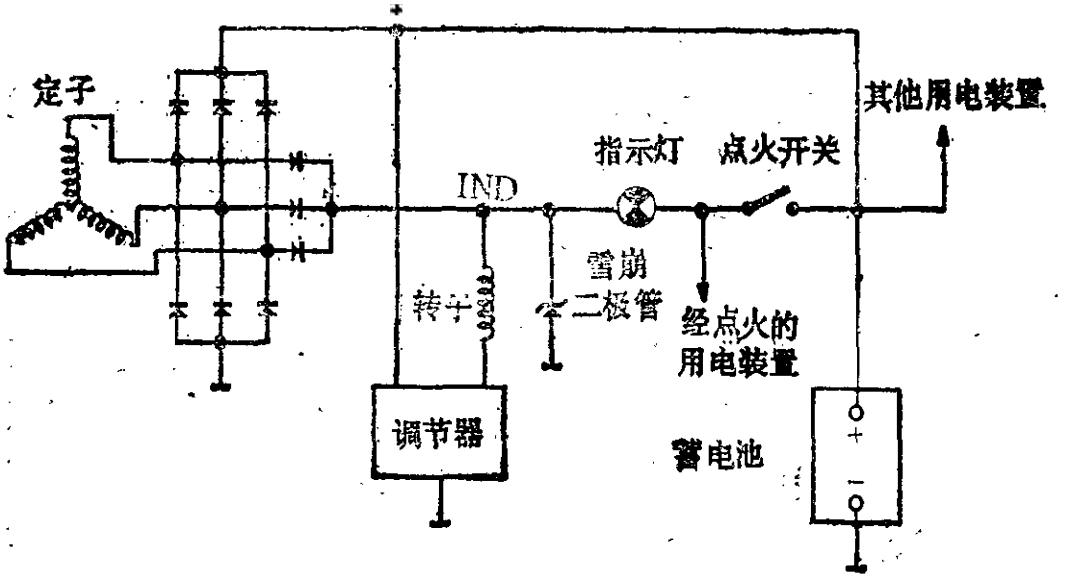


图287　卢卡斯保护二极管的安装线路图

这二种型号的二极管的唯一区别在于它们的散热部件的设计和外形不同因而造成不能互换，另一个不同点是它们的连接装置。

试　验

如果交流发电机不供电，那么可能是因为保护二极管处

于短路状态。检查方法如下：

——检查所有的连结线是否正确与牢固；

——断开保护二极管的连线；

——转动交流发电机，若电流量正常，则保护二极管已被损坏，而使磁场绕组短路。这时需更换雪崩二极管。

——如果安装有保护二极管的交流发电机发生故障，需更换保护二极管和调节器。

其 它 说 明

保护二极管对交流发电机的极性接错是不能起保护作用的。

另外，在其他地方不正确的装上一个防止点火线圈干扰的电容器，也就是说在分电器、断电器处装上这种电容器，不仅起不到任何防干扰作用，而且还会引起断电器触头的过度烧蚀和损坏调节器。

防干扰电容器是与分电器上电容器并联的，它产生的破坏作用是由于激起了通过点火线圈、点火开关和连结到交流发电机 IND 接头处电线上的脉冲，当点火开关断开时，可一直进入调节器，实践证明在汽车上可对调节器产生破坏作用，假若要装防干扰电容器则要安装在点火线圈合适的一侧。

20ACR 交流发电机

该交流发电机装有一只防过压装置，该防过压装置有（图 288）：

——三只专用的激磁二极管（雪崩二极管）分别安装在三个包含有二极管的散热装置中，是图 288 中的 A，它们位于

每个散热装置的中间，编号为 83342。

——一只编号为 54048345 的保护二极管，用散热装置的螺钉安装在交流发电机的接线柱 IND 与外壳之间，见图 288 中的 B。必须注意，该保护二极管只能和 3 个专用的激磁二极管(雪崩二极管)一起起作用。

——防干扰电容器见图 288 中 C。

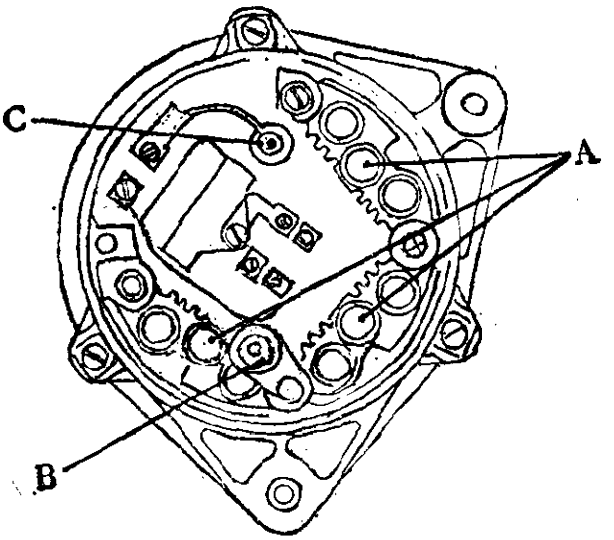


图288　在卢卡斯 20ACR 交流发电机上电压峰值的保护装置

三十九、用于同一个交流发电机的两个蓄电池充电的卢卡斯装置

2BD 装 置

该装置内有两个高性能的卢卡斯硅二极管，这两个硅二极管安装在铝质散热器上，并且带有防护罩。固定在二极管与散热器上的接线柱是卢卡斯式接线柱，因此，所有的连线都需采用卢卡斯式电线接头。

图 289 中用矩形虚线所表示的部分为该装置的接线图，它可用于交流电或直流电设备中，这些设备除安装有本身的起动蓄电池外，还并接有一个辅助蓄电池，例如在（用汽车

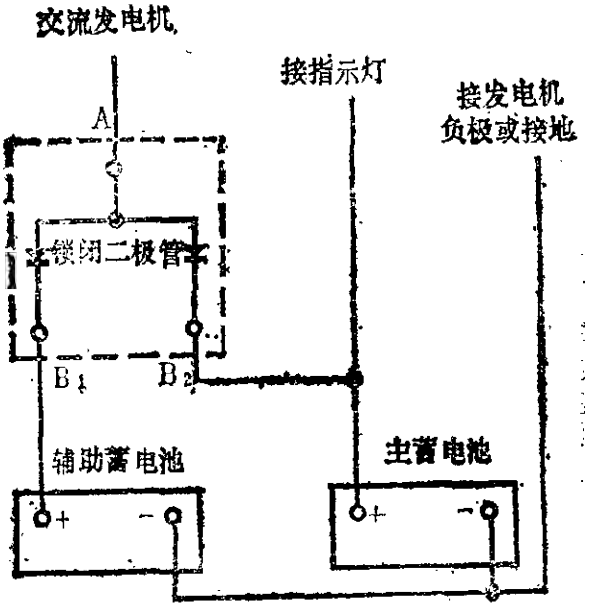


图239 卢卡斯带锁闭二极管的充电装置

牵引的）野营挂车与轮船中，就安装有这种辅助蓄电池，为内部照明、无线电及冷冻等装置供电。

图 289 中可看到 2BD 装置的三个接线柱的连接情况：

——A 与发电机的正接线柱相连；

——B_1 与辅助蓄电池的正接线柱相连；

——B_2 与主蓄电池的正接线柱相连；

——主蓄电池的“+”极与指示灯相连；

——两个蓄电池的“—”极均与发电机的“—”极相连。

该装置有两种：一种是负极接地（图 289），另一种是正极接地。

最大连续充电量不应超过45A。

4BD 装 置

4BD 装置与 2BD 装置相似，它可用来为 12V 或者24V 的蓄电池充电。其结构与 2BD 同，但是它的每一个分流部分中都有两个相并联的二极管，见图 290 与图 291。而这里 2 个二极管仅画一个二极管来表示。如用这种表示法，则 4BD 装置的线路图与 2BD 装置的线路图就是一样的了。图

图290 卢卡斯 4 3D 装置

此，图 289 既可代表 2BD 装置的线路图，亦可代表 4BD 装置的线路图。由于 4BD 装置中的二极管增加了一倍，充电能力也增大了，其充电量可达60A。

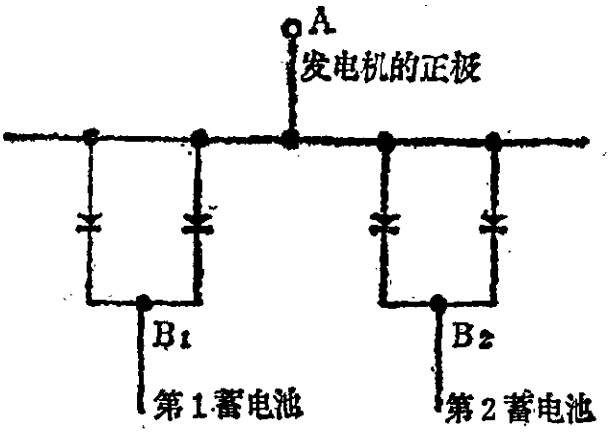


图291　卢卡斯 4BD 装置二极管的线路

下面指出闭锁二极管的几点使用特性：

——从两个蓄电池的理论上讲，电压应是一样的；比如，不能有一个蓄电池的电压是12V，而另一蓄电池的电压是24V；

——两个蓄电池的类型应该是相同的，或者都是铅蓄电池，或者都是碱蓄电池，以便其电压的变化规律相同。

——两个蓄电池的容积(容量)可以不相同，也就是说充电时间各不相同。

该装置应安装在远离溅水溅泥的位置，该位置的温度不超过80℃，而且通风良好。若以高于45A的直流电流进行充电时，则安装该装置的位置的通风风速不应低于4mile/h,以便实现良好的冷却。

若想增大输出功率，则可接入两个 4BD 装置，其接线情况如图 292 所示（如上所述，4BD 与 2BD 装置的线路图相同；另外，图 292 中的装置是负极接地的）。与指示灯相

连的蓄电池就是汽车上的主蓄电池。图 293 是正极接地的两个 4BD 装置的线路图。采用两个 4BD 装置，显然，其电流量将提高一倍。

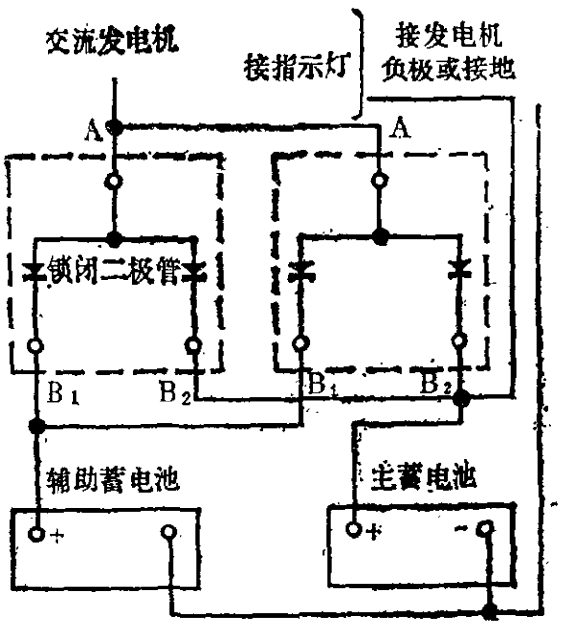


图292　接入两个 4BD 装置的安装(负极接地)

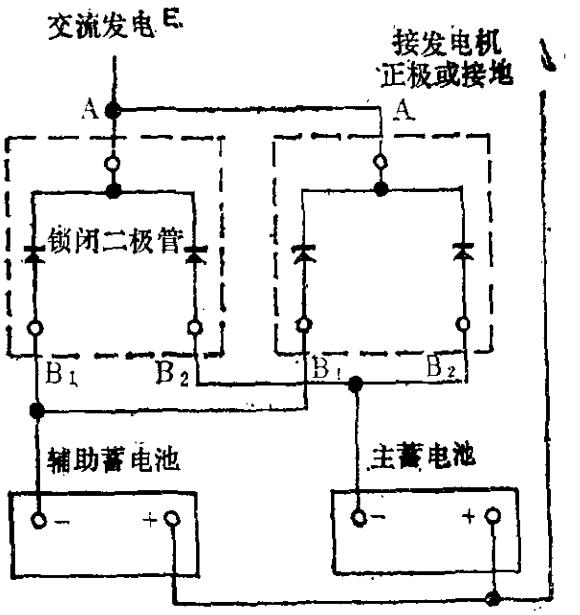


图293　接入两个 4BD 装置的安装(正极接地)

7RA 继电器

在特殊情况下，这个闭锁二极管系统可能会造成蓄电池的充电不足，这种特殊情况就是指 ACR 型交流发电机的调节器参考电压是在该交流发电机内部截取的。因此，在这种交流发电机中接入 4BD 装置就很成问题了。因为 4BD 装置的二极管不可避免地会产生电压降，而这种电压降就是引起充电不足的根本原因。

为了克服充电不足的缺陷，可用 7RA 型继电器来取代 4BD 装置。这种继电器在交流发电机的电压下降到继电器的切断电压以下时，便使第二蓄电池与第一蓄电池隔开。在安装有 15AC～16AC型或者 15、16、17、18ACR 型交流发电机的设备上常用这种继电器，图 294 是这种继电器的线路图。

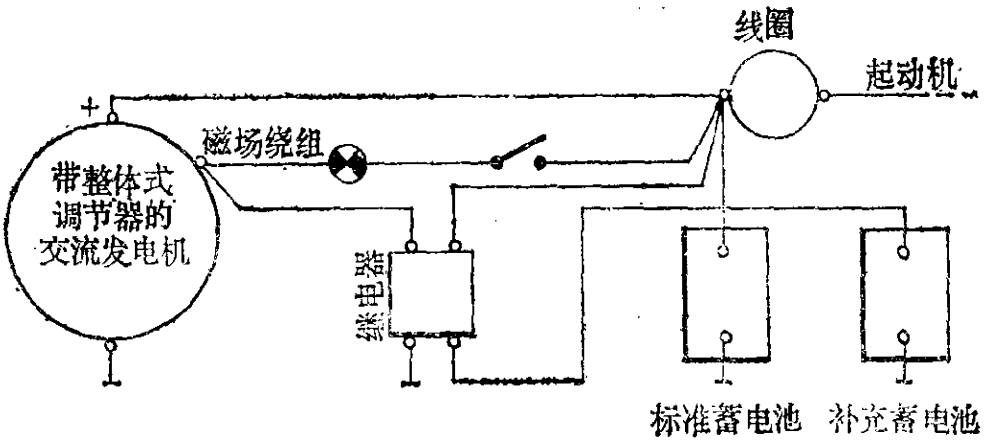


图294 接入两只无关联的蓄电池和继电器的充电系统(按卢卡斯图)

四十、玛涅蒂·玛勒利(MAGNETI MARELLI)交流发电机及其电子调节器和充电指示器

下面我们介绍玛涅蒂·玛勒利GCA101A，AA与B型交流发电机以及RTT101A型晶体管电压调节器与TEL101A型充电指示器(全名应为充电指示器远程开关)。

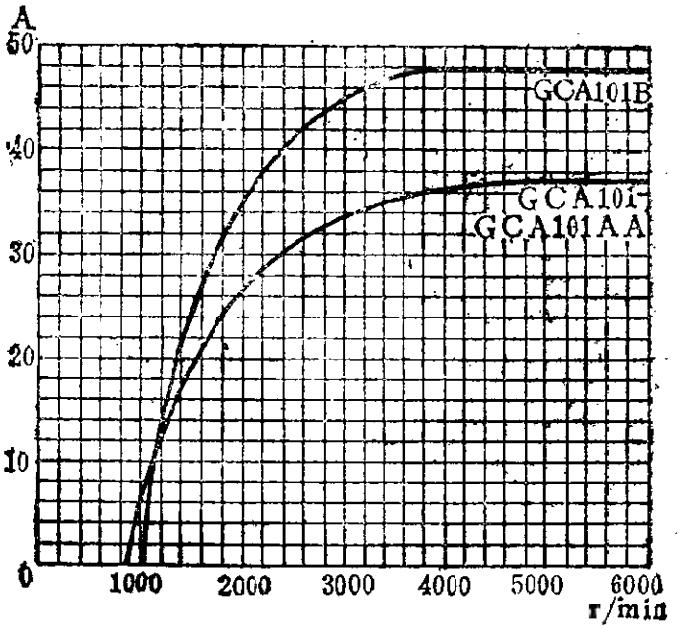


图295　13V时充电特性曲线

交流发电机

标称电压为12V，充电时的额定电压为14.2V。1101A与101AA型交流发电机开始供电时的转速为850 r/min，101B型交流发电机开始供电时的转速为1000 r/min。

图295是充电特性曲线。制造厂家指出这些特性参数是在相应的恒定电压为13V时所测得的冷态特性参数。

定子是由具有24个槽的叠片组成的，安放在定子槽中的三相绕组有8个电极，呈三角形连接。三角形绕组的顶点接有三极导线，这三根导线与具有6个二极管的普通整流桥相连。

转子也是普通的具有8个电极的转子，带有与两个滑环相连的激磁绕组。

整个装置安装在两个端盖上。传动侧的端盖支撑转子轴，转子轴上安装有皮带轮与风扇。另一端盖上装有整流二极管与支撑转子轴的另一端。该处的转子轴端上安装有激磁滑环，因此，在这个端盖上已安装有电刷。

图296是这种交流发电机的电路图，图中可以看到交流发电机的4个接线柱：

——“+B”是交流发电机的整流电流绝缘的接线柱，这个接线柱与3个正向二极管相连；

——“—”代表负接线柱，它与整流桥的三个负向二极管以及磁场绕组的负电刷相连，是接地接线柱；

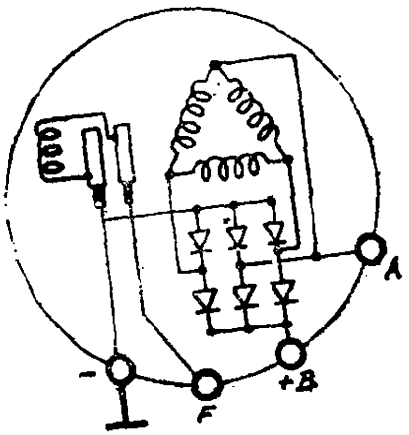


图296　玛涅蒂·玛勒利交流发电机的电路图

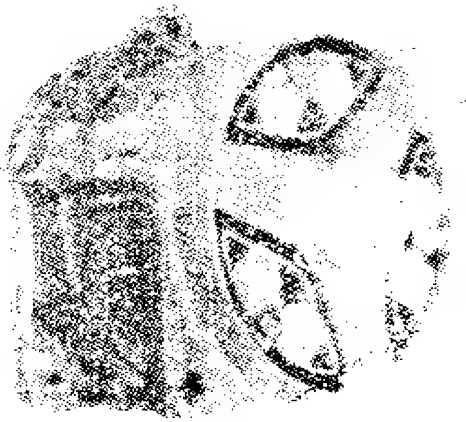


图297　玛涅蒂·玛勒利GCA 101 B型交流发电机

——F，与磁场绕组的正电刷相连的接线柱；

——A代表不通过正向二极管与三角形绕组的一个端点相连的接线柱。

在接线柱A与接地之间，可以得到一个脉动电压，该脉动电压与蓄电池无关，因为接线柱A与接线柱B被正向二极管所隔开。

图297是从整流桥一端看的101B型交流发电机的外观图。图中可以看到6个二极管，有3个二极管支架与4个接线柱。发电机外壳上的三个接线柱按顺时针方向依次为“—”、“F”与“+B”。位于两个二极管中间的接线柱是A接线柱，它被固定在那两个二极管的支架上。

图304是这种交流发电机的剖面图，可作拆卸指导。图中可以看到皮带轮、风扇以及皮带张力调节用吊耳和安装垫脚。

电子调节器

这种调节器是无活动部分晶体管电压调节器，它有3个接线柱(见图298)：其中黑色接线柱接地，白色接线柱与“F”接线柱，也就是磁场绕组的正端相连，绿色接线柱通过点火开关与“+B”接线柱，也就是交流发电机的正接线柱相连。

图298中的虚线部分是这种电子调节器的电路图，图中可看到三个晶体管T_1、T_2与T_3，一个齐纳二极管Z_1，通过滑动触头与电阻R_1相联，电阻R_1与R_2、R_3相串联都处于交流发电机的电压下。三个晶体管经过电阻R_5与接地形成闭路。T_1是控制调节用的晶体管，其基极b的导通或截止是通过Z_1来控制的。T_2和T_3与交流发电机输出和磁场绕组

相串联，其连接方式如下：两个发射极——基极电路相串联；两个发射极——集电极电路相并联，它们被串联在磁场绕组的电路中。

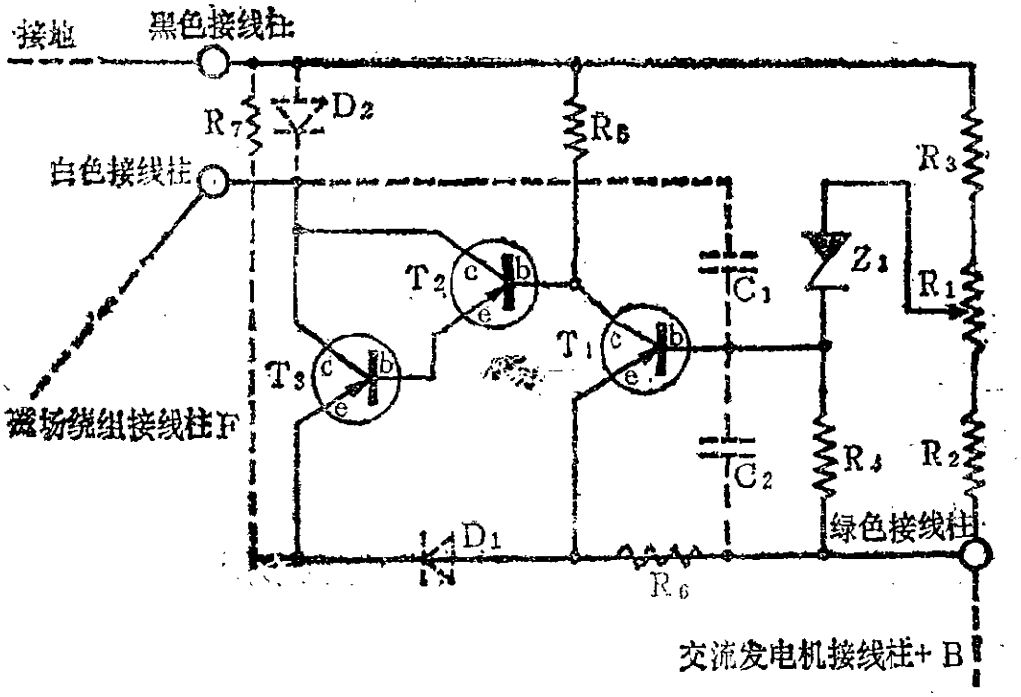


图298　电子调节器线路图

工作原理如下：当绿色接线柱与黑色接线柱之间的电压也就是电阻 R_2-R_1-R_3 的端电压未超过一定值时，由 R_1 上的滑动触头所给定的 Z_1 的端压不足以导通 Z_1，R_4 上没有电流通过，T_1 发射极与基极之间的电压为 0；T_1 中没有电流经过。绿色接线柱与黑色接线柱之间的电压借助 R_5 加在 T_3 的发射极与 T_2 的基极之间，T_3 与 T_2 的基极电路通过电流。电流就可在两个晶体管的发射极——集电极电路通过，这样经过白色接线柱向磁场绕组供电。

当交流发电机电压升高时，便会有一段时间使 Z_1 的端压达到其导通值。于是 Z_1 导通，电阻 R_4 的通电使得 T_1 基极的电压低于发射极的电压；电流从发射极流向基极，接着

T_1 导通电流，从发射极进入集电极与 R_5。此时 T_3 发射极与 T_2 基极之间的电位为 0，R_5 的电位升高。因此 T_2 与 T_3 中不再有基极电流，也不再有集电极电流。磁场绕组不再被供电，电压降低，并开始新的循环。

这一工作性能已经得到改进，因为上面曾经指出在该装置中增加了两个二极管。在图 298 中看到的这两个用虚线表示的二极管是：

——二极管 D_1，它与电阻 R_6、R_7、电容器 C_1、C_2 一起改善晶体管断路的性能，并防止产生对无线电波的干扰。

——二极管 D_2，它等于是一个安全阀，允许磁场绕组的自感电流通过，但不允许接通交流发电机的电流接地。

图 299 是这种调节器的外观图，图中可以明显看出调节 Z_1 电压的滑动触头以及三个黑、白、绿色的接线柱。

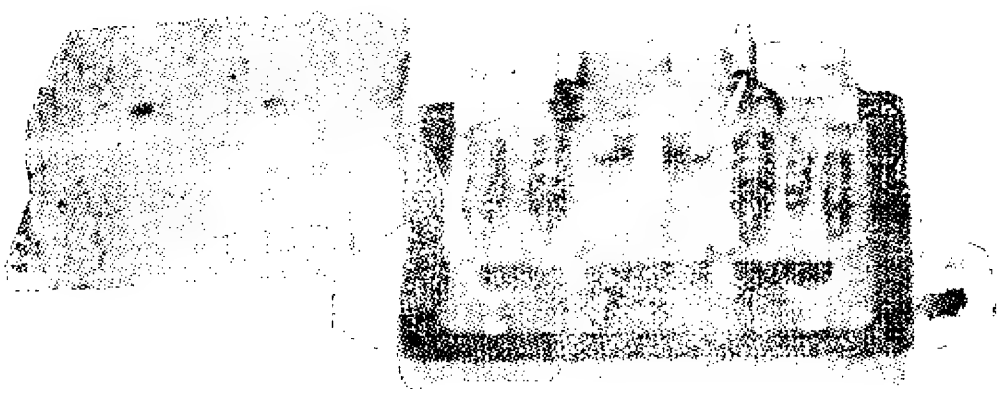


图299　RTT 101A 电压调节器

充电指示器

该装置通过指示灯的熄灭来表示交流发电机发电并充电。在有些汽车上不装有上述装置或接有其它类型的指示器，如电流表。其线路图非常简单，如图 300 所示。它有四

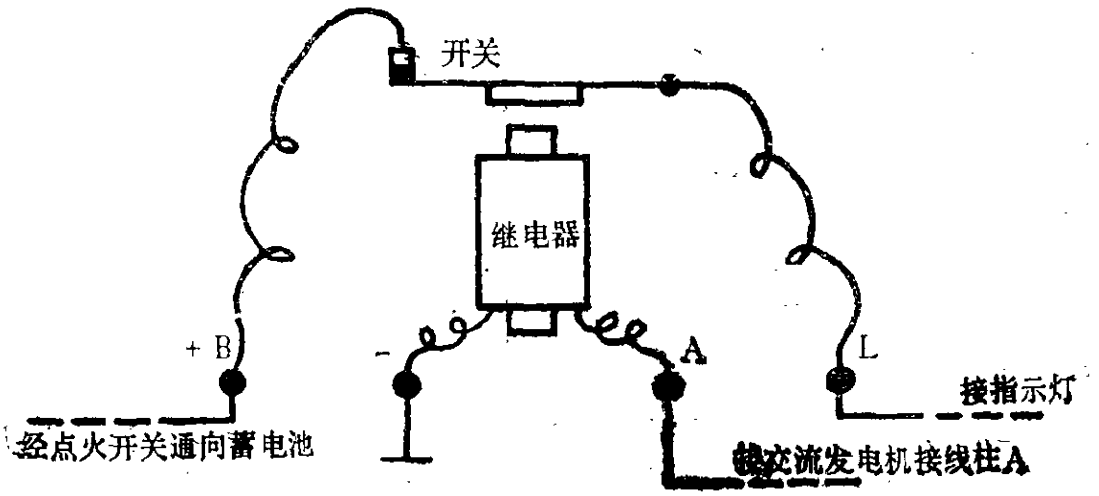


图300 TEL 101A 充电指示器线路图

个接线柱和二条线路：

一条线路是为继电器供电，接入接线柱A与接线柱"—"之间，前者与交流发电机接线柱A相连，后者和接地相连。

另一条线路中有一对继电器触头、接入接线柱＋B和L之间，前者与交流发电机＋B接线柱，也就是蓄电池相连，后者与指示灯相连，而指示灯与接地相连。

当关闭点火开关时，指示灯由于蓄电池供电而发亮。当交流发电机被接通时，即为继电器的接线柱提供一个电压，当该电压足够大时，继电器就吸引继电器触头臂，指示灯熄灭。

总之，指示灯发亮说明激磁绕组在交流发电机-蓄电池连线上，因而被供电。指示灯熄灭说明交流发电机发电。假定继电器处于良好状态，如果指示灯仍然发亮，则表明交流发电机未发电。如果灯泡是好的而指示灯不亮，则说明即使交流发电机未发电，继电器一样被供电。这种现象只有当整流电路、激磁电路或者定子电路有损坏现象时才会发生。

整流器电路可发生如下两种损坏现象：

——二极管短路，使得二极管的两个方向都可以通过电流。

——二极管被切断，从而电流都不能从两个方向通过。

指示继电器与担负切断磁场绕组电路作用的截流继电器是完全不相同的。这种截流继电器在带有整流器的交流发电机上是用不着的，当然它与在停车时用来切断磁场绕组电路的充电继电器也完全不一样，在这里切断磁场绕组的作用是由点火开关来担负的(见图 301)。

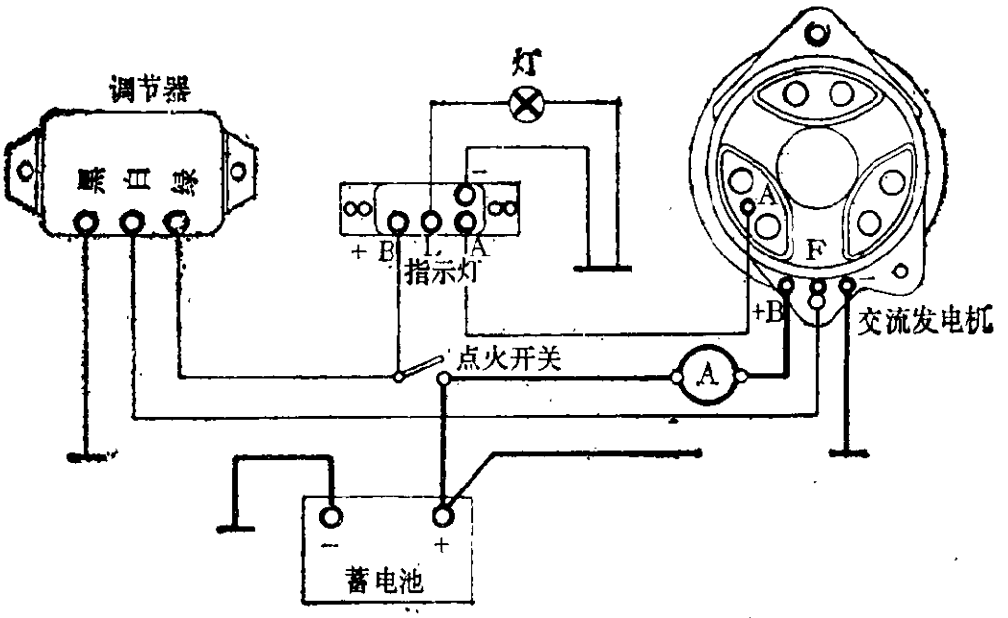


图301　一般安装图

总 线 路 图

图 301 是总线路图，该图表示上面所介绍的各个装置的接线情况，图中接有一个电流表。

在汽车上的检查

接通点火开关后，指示灯应发亮。当起动发动机并使其加速时，指示灯应熄灭。在一般情况下，这说明交流发电机

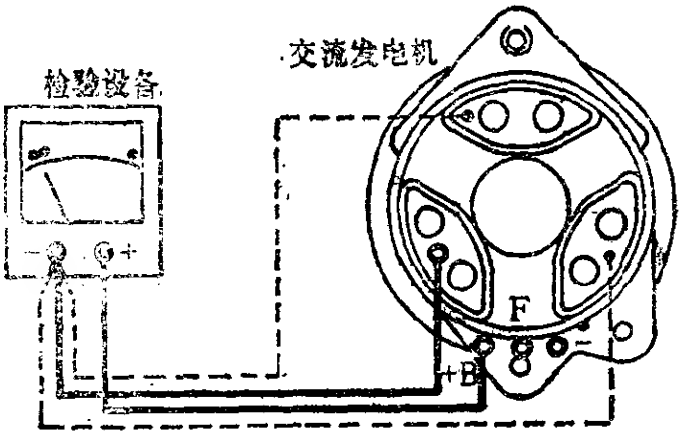


图 302　在汽车上检查交流发电机二极管的情况

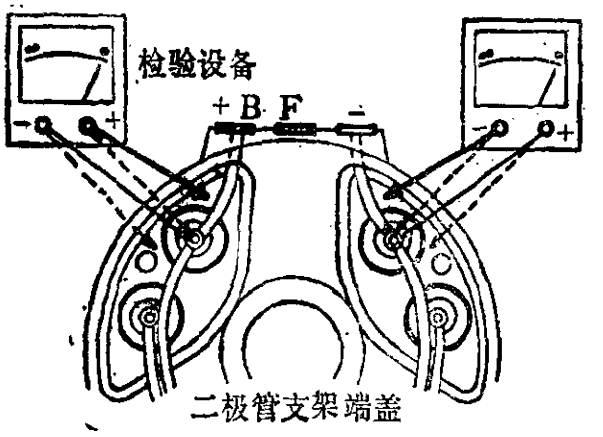


图303　在卸下的交流发电机上检查二极管的情况

工作正常。

有可能发生如下情况，即当接通点火开关后，指示灯不亮，当发动机加速时，指示灯也不熄灭。指示灯不亮可能是由于灯泡烧坏或者是因为开关损坏。指示灯不熄灭也可能因为继电器断路的原因。在进行上述检查而没有发现问题时，则需要检查交流发电机。

首先，在调节器绿色接线柱(即与交流发电机-蓄电池的连线相连的接线柱)及接地之间接入一个电压表。当发动机停止运转时，电压应在12V左右；当发动机正常运转时，如果电压为14.2～14.5V，则表明调节器是工作的，能够充电。

如果电压在发动机停止和运转时都相同的话，则表示没有充电。当发动机加速时，如果电压上升超过15V，则表明调节器工作不正常。

在试验台上检查磁场绕组电路

要检查磁场电路是否完好，则需测量接线柱F与接地之间的电阻。

如果所测得的电阻值为0，则表明激磁线圈或与电刷连接处有短路。

如果电阻值不为0，则可通过一个12V的蓄电池为磁场绕组供电来估计该电阻值的大小，接线时将蓄电池的＋极与接线柱F相连，负极与接线柱"－"相连。如果电流强度约为2.4A时，则磁场绕组是正常的(相应的电阻值为5Ω)；如果电流强度大于2.4A时，则有部分短路。如果电流强度低于2.4A时，则电刷接触不良，或者滑环的焊接不良。如果电阻

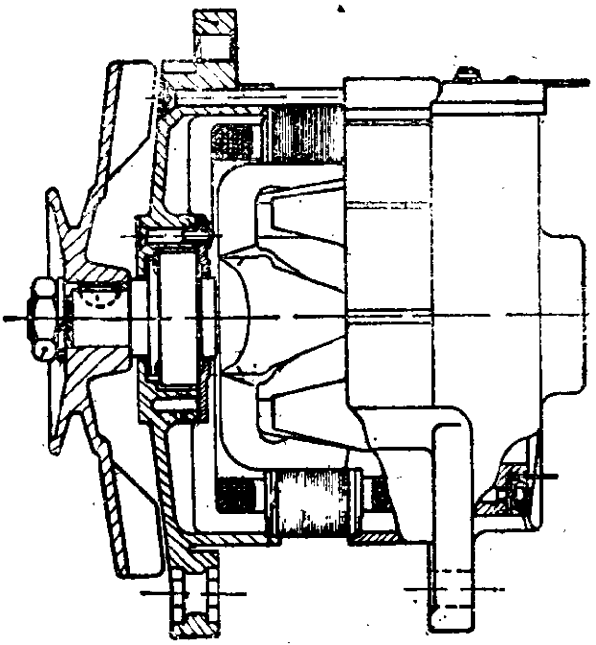


图304　玛涅蒂·玛勒利交流发电机纵向剖面图

值无穷大，则应考虑到电路被切断，特别是连接处的焊接脱焊。

在试验台上检查电枢电路

要在不拆卸交流发电机的情况下检查出电枢电路是否被切断，则需测量二极管连接片之间的电阻。为此，要使用一个专用欧姆表，首先按图305中的实线进行接线，接着将其中一根导线接到另一个二极管连片上（如图305中的虚线所示）。然后再改换极性进行接线。如果按上述所有接线法所测得的电阻都很小而且相同，则表明电枢处于良好状态。

二极管检查

二极管可能断路或者短路，但短路要比断路更为经常。

二极管的检查按图302那样接线，检查时发动机停止旋转，不需拆卸端盖。检查仪表的＋极与交流发电机的＋B接线柱相接，测量该接线柱(即＋B)与每一个二极管支架之间的电阻。如果电阻几乎是无穷大时，则没有任何负向二极管短路。

然后，将检查仪表的“－”极与交流发电机的负接线柱相接，测量该接线柱与每一个二极管连接片之间的电阻。如果电阻几乎无穷大时，则没有任何负向二极管短路。

在二极管支架端盖拆卸后，二极管是否短路可按图303那样的接线法进行检查。如果二极管的两个方向上的电阻值基本上等于0时，则该二极管处于短路状态。接线时，将检查仪表的“－”极接到二极管的中心极上，“＋”极接到二极管连接片上，然后再改换检查仪的方向（即“＋”极接到二极管的中心极上，“－”极接到二极管连接片上）。

检查二极管是否被断路可按图 303 那样的接线法进行。但是在二极管被断路的情况下，两个方向的电阻值都是无穷大。

在进行上述故障检查时，有两点特别需要注意：

1. 不能在汽车上或在拆下来的交流发电机上，任意用一个兆欧表和一个高于或等于 110V 的交流电压进行绝缘检查。如果这样做，就可能损坏二极管。因此，必须使用一个合适的专用检查仪表来进行检查。

2. 更换不良二极管时，需用特性参数相同的二极管。将二极管焊接在连接片上时需十分小心，更换工作只能在专门车间内进行。

调 节 器

在图 299 中可以看到电阻 R_1 上的滑动触头，该滑动触头可将电压调整到所需要的值(14.2V)。当调节器发生故障或工作不正常时，建议予以更换。

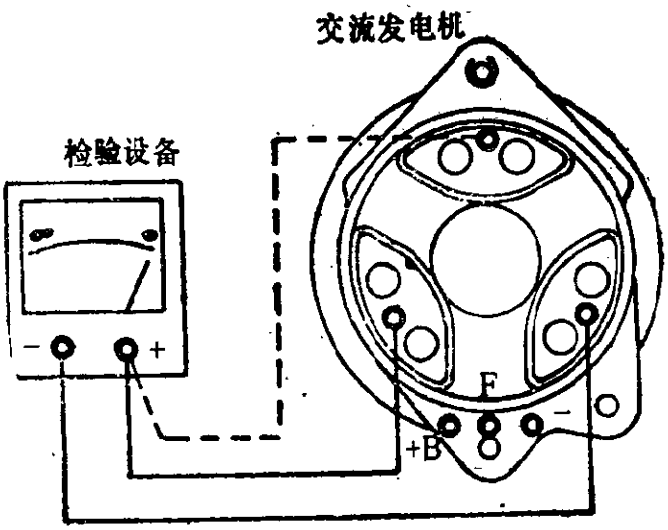


图305　电枢线路情况的检查

四十一、玛涅蒂·玛勒利*电子调节器

玛涅蒂RTT112A与RTT113A型电子调节器是用来稳定交流发电机整流后电压的。功率晶体管是采用复合晶体管的方式。

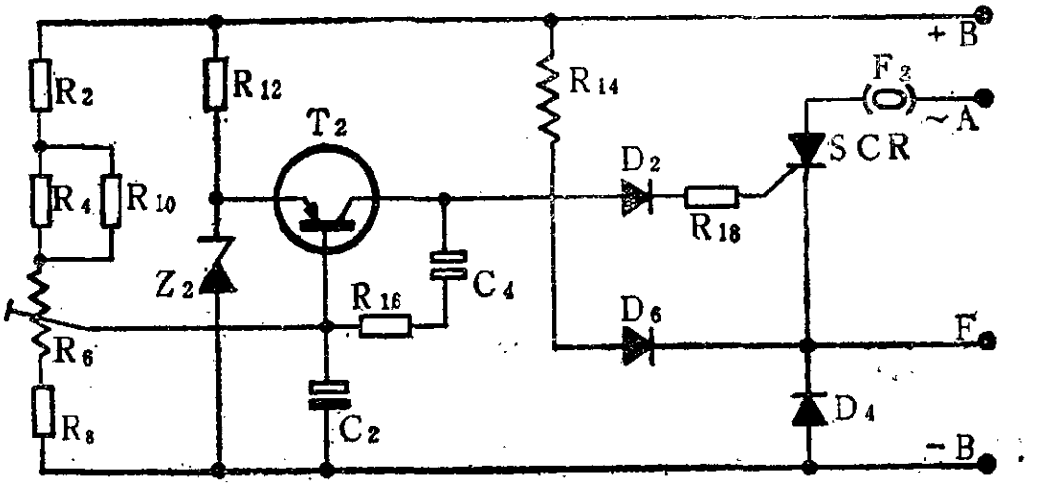


图306 RDC 12A12V晶体管调节器的电路图

这种调节器的使用情况，见下表：

调节器	交流发电机	电压	电流	安装
RTT112A	MMAA108	14V	33A	与刷架组合装置
RTT113A	MMAA124	14V	42A	直接安装在后端盖上
RTT113A	MMAA124	14V	53A	直接安装在后端盖上

* 以下简称玛涅蒂

包含有电刷与固定螺钉的RTT112A型调节器完全取代了交流发电机的刷架。它直接安装在交流发电机上，位于原来的刷架位置，既不需要导线也不需与蓄电池相连。

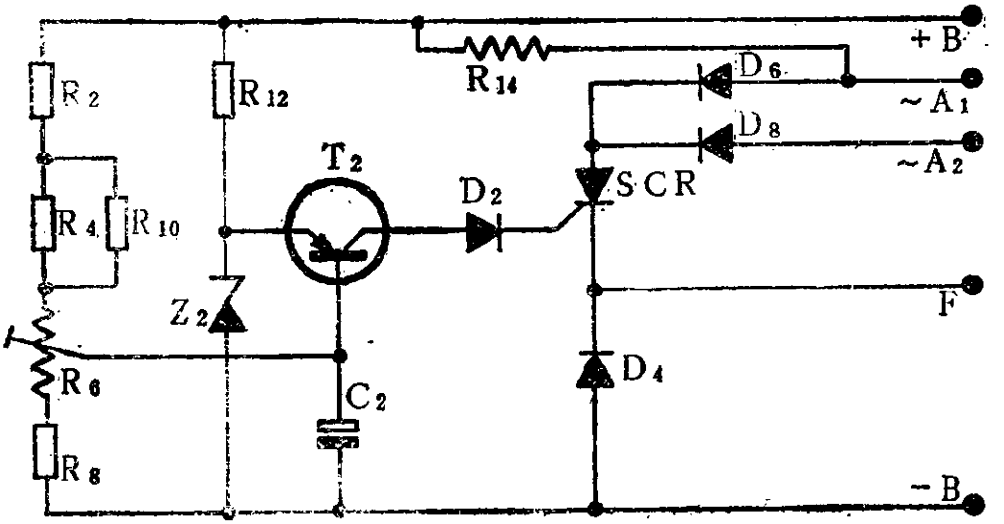


图307　RDC 12B24V晶体管调节器线路图

电路说明

图308是交流发电机及其调节器的电路图。交流发电机与调节器在图中均用虚线框住。

交流发电机有一个9只二极管的整流器，其中6只二极管作为输出电流的整流，另3只二极管为供磁场线圈供电。在这三只二极管上允许接有一只与蓄电池相接的指示灯，当点火开关闭合时，可连接到蓄电池上，C_1是滤波电容器（最小为2.2nF），安装在AA108型交流发电机上，但不能安装在AA124型交流发电机上。

调节器有如下元件：

——有两个晶体管组成的TS4复合晶体管装置，其基极-发射极电路相串联，发射极-集电极电路相并联，并连接有两个电阻。整个装置的作用相当于一个具有高放大系数的三

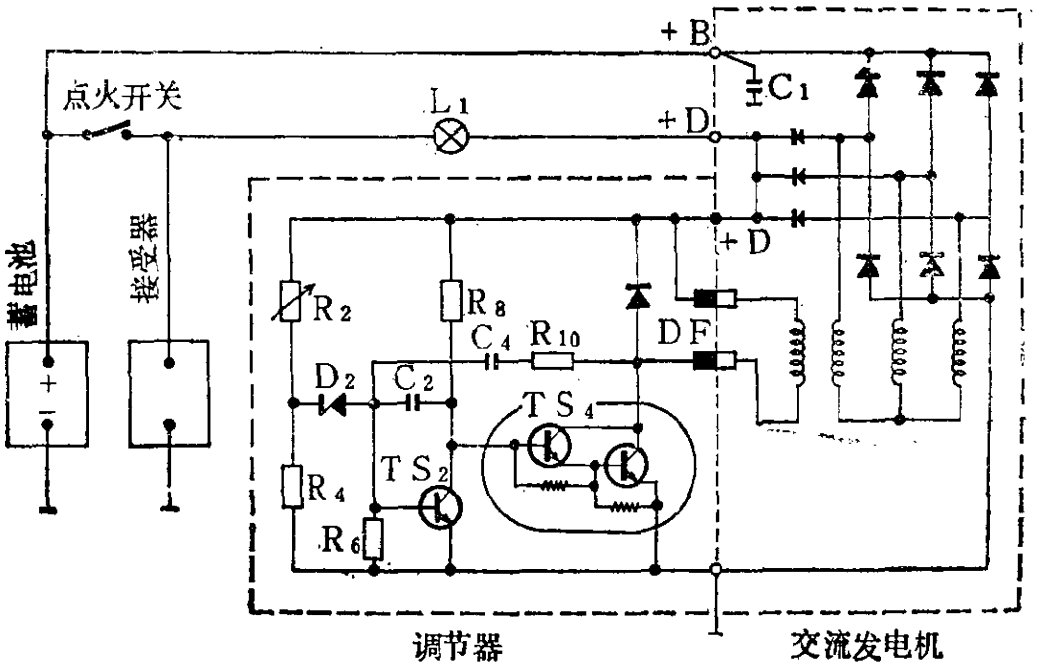


图306　与RTT112A或RTT 113A 调节器匹配的交流发电机线路图

个电极的晶体管；

——控制晶体管 TS_2，其基极电路与齐纳二极管 D_2 相串联，通过包括有电阻和热补偿装置的电位计(R_4-R_2)的；调节可控制齐纳二极管的工作电压；

——磁场绕组电路的放电二极管 D_4；

——反馈元件，C_4、R_{10} 与 C_2，用来改善晶体管的导通和截止性能；

——其他一些电阻。

工 作 原 理

当交流发电机停止工作，点火开关闭合时，调节器通过指示灯 L_1 得到供电，供电电压低于调节电压，电流不通过 TS_2 的基极。

当指示灯发亮时，经过指示灯的电流通过磁场绕组电路而接地。此时 TS_4 被供电的情况下是导通而接在这条通路中

的。

指示灯 L_1 的一端接蓄电池，一端接＋D，当两端电压平衡，电流为零，指示灯熄灭，表示发电机工作正常。

当调节器的供电电压达到调节值时，电流通过二极管 D_2 与 TS_2 的基极接地。这里的晶体管类型为 NPN。

当 TS_2 导通，TS_4 进入截止区，C_4、R_{10} 反馈电路加快这一进程。这时 TS_4 的截止切断了激磁电流，交流发电机的输出电压降低。当电压低于调节器的工作电压时，装置反向作用，即 TS_2 处于截止状态，TS_4 开始导通。

导通和截止现象由于接有 C_4-R_{10} 反馈电路而得到了改善。这可由取决于交流发电机每分钟转速的转换频率中在接线柱＋D上形成的电压波形来说明。

当磁场绕组发生短路时，调节器不会有任何损坏的，调节器不工作可由指示灯 L_1 的发亮表示出来。

性　能

调节器在环境温度为－40℃～＋100℃时，能够持续工作，但当环境温度高于85℃时，对调节器的通风量应等于交流发电机在开始充电时即转速为 1100 r/min 时通风道所提供的通风量。

几个特性参数：

额定电压：12V；

充电电流：RTT112A 为 31A（±2A）

RTT113A 为 40A（±2A）

RTT113A 为 51A（±2A）

最大转速：13 000 r/min。

四十二、摩托罗拉(MOTOROLA)交流发电机的结构和检查

交流发电机

摩托罗拉交流发电机是14V的发电机（也就是说相应的蓄电池电压为12V），其绕组构成可有三种输出电流量：40A、55A和70A。输出55A交流发电机在转速为900 r/min或1000 r/min左右时，就开始有电流输出。摩托罗拉交流发电机的外形都是一样的。

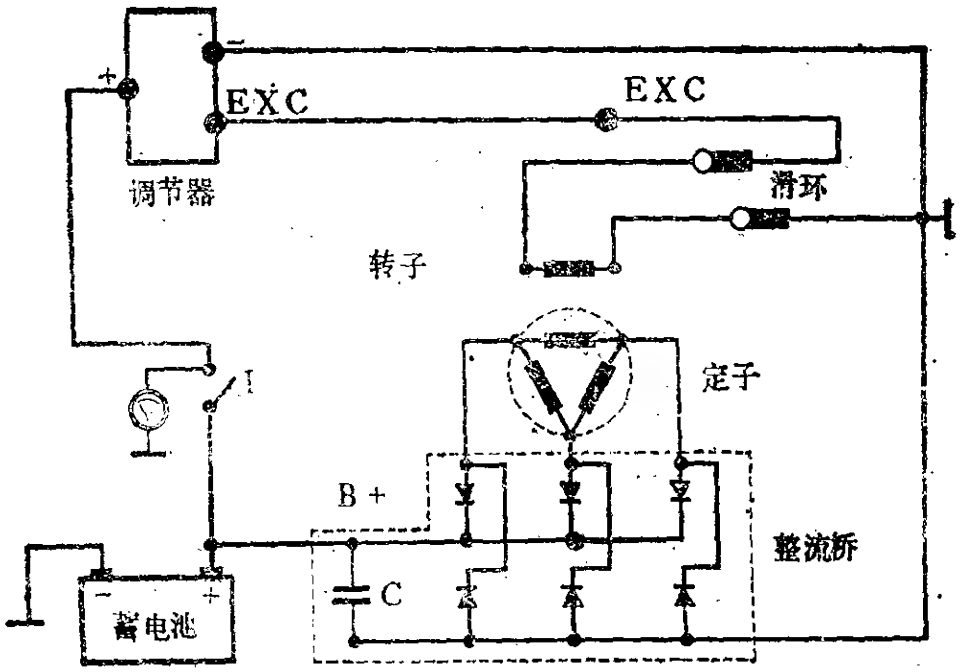


图309　无激磁二极管的交流发电机安装线路图

图309是没有为磁场绕组配备专门整流器的发电机的原理图。从图中可以看到：

——定子，用虚线圆圈表示，其三个绕组呈三角形连接；

——转子，用黑色长方形表示，位于定子上面，它与两个滑环相连，两个滑环又分别与两个电刷相接触，其中一个电刷与激磁接线柱相连接；

——具有三个传统接线柱的电子调节器；

——由6个二极管组成的整流桥及其两个接线柱B＋与B－；

——电容器C，它位于整流二极管旁，是用来储存电压峰值的。

图310是为磁场绕组配备有专门整流器的发电机的原理图，这个名为“trio”的专门整流桥由3个小二极管组成，其接线柱D＋与调节器的“＋”接线柱相连。“trio”包括在整流

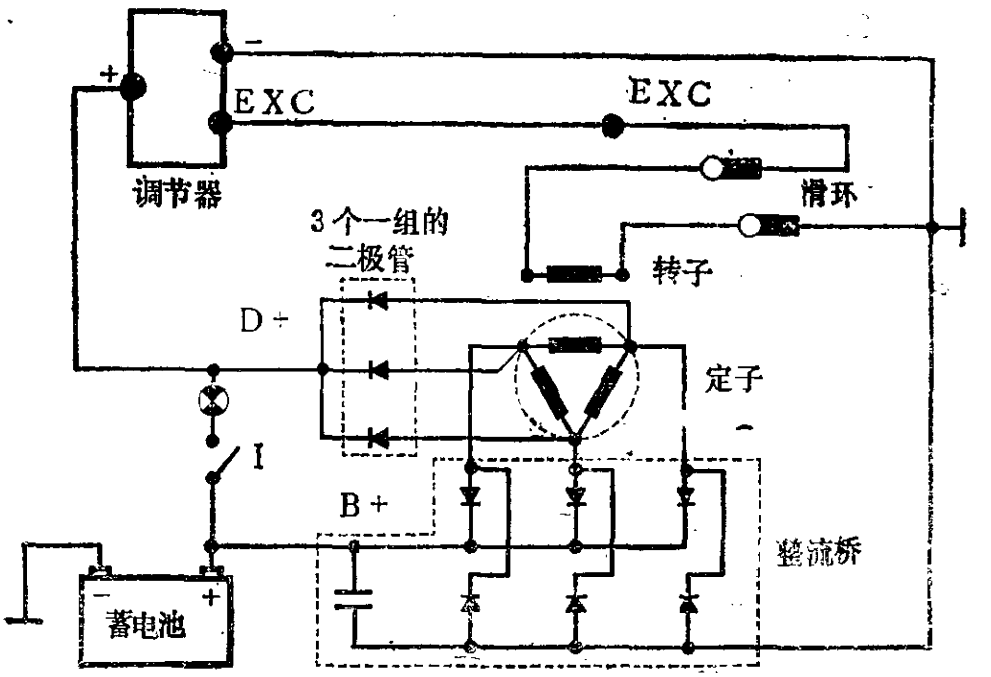


图310　带有激磁二极管(三个一组)的交流发电机线路图

中，是整个整流装置的一部分。

图311是匹配有内装式调节器的交流发电机外形图。图中左侧的接线柱是B＋接线柱，右侧的接线柱是“－”接线柱。

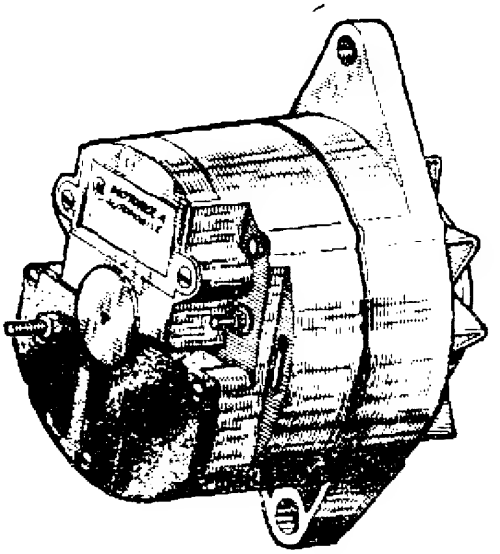


图311　内装调节器的交流发电机

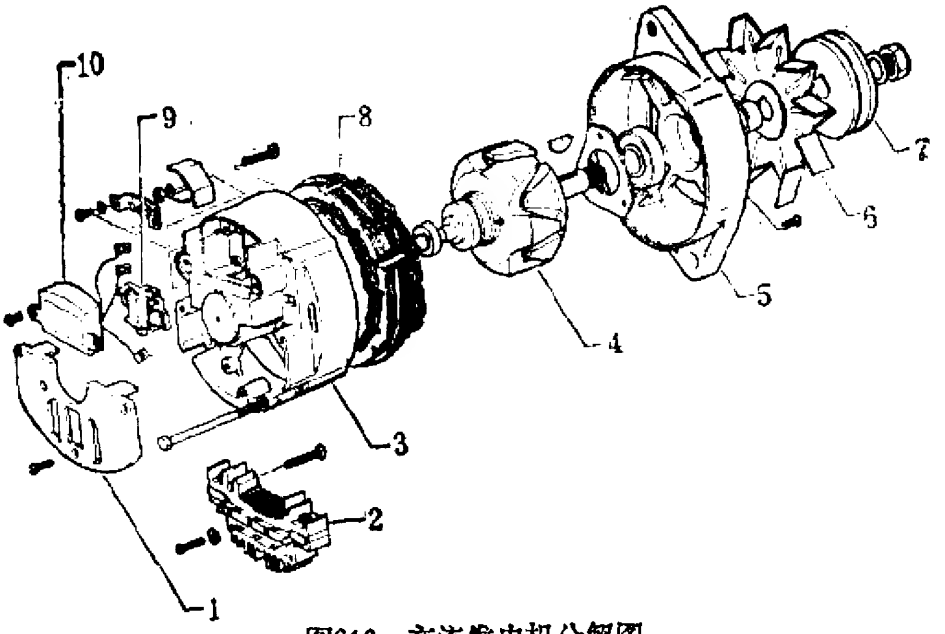


图312　交流发电机分解图

1.后罩；2.二极管桥；3.后端盖；4.转子；5.前端盖；6.风扇；7.皮带轮；8.定子；9.电刷架；10.调节器

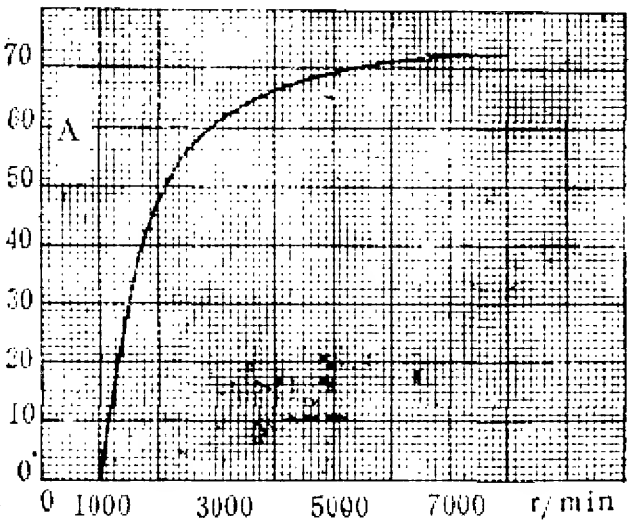


图313　70A交流发电机输出特性曲线

图 314、图 315 与图 316 是匹配有外接式调节器与“trio”的交流发电机的检查用线路图，图中的接线柱与图 310 中的接线柱相对应。但是，图的下部还分别有一个匹配有内装式调节器的交流发电机图，这调节器是与具有两个B＋接线柱与一个D＋接线柱的接线器相连接的。

图 312 是匹配有内装式调节器与“trio”的交流发电机的分解图。“trio”安装在二极管桥上。

图 313 是70A型交流发电机根据转速绘制的特性曲线。

接　线

汽车制造厂可以选用多种不同功率的交流发电机，也可带有(或不带)内装式调节器也可安装或者不安装磁场用整流装置(trio)，这些均可任意匹配。

图 309 是匹配有外装式调节器但没有安装“trio”的交流发电机的接线原理图。为了避免在交流发电机停止工作时，蓄电池向磁场绕组电路放电，切断点火的开关 I 的同时也切

断调节器。图中接入的电压表相当于指示灯的作用。

图310是匹配有外装式调节器并安装有“trio”的交流发电机的接线原理图。这种交流发电机允许将磁场绕组直接接到D＋接线柱上，也会避免蓄电池向磁场绕组放电，另外，还可接入一个充电指示灯，当点火开关I关闭时（电流从蓄电池经过磁场绕组回路），该指示灯发亮；当交流发电机发电而提供的电压与蓄电池电压相同时，指示灯熄灭。

此外，还有其他一些接线方式。

检　查

1．检查前的注意事项：在检查之前，必须注意如下几个原则：

——需使用充好电的蓄电池。在汽车上需要时，可用充电器进行充电，但不要忘记断开接线柱“＋”与接线柱“—”。

——在发动机工作时，不能断开交流发电机和调节器的输出线。

——不能将激磁线圈接地。

——在拆卸与安装交流发电机时，别忘记断开蓄电池。

2．切断点火的检查：用一个电压表按图314的接线方式进行检查：

——将电压表接在交流发电机的相位与接地之间，以及相位与“＋”接线柱之间，检查交流发电机的相位电压。如果极性正确，电压为0。若电压不为0，则表明有一个整流二极管短路，该短路二极管允许通过蓄电池的电压。

——检查交流发电机B＋接线柱的电压与蓄电池“＋”接线柱的电压。这两点的电压应该相同，这种检查是通过移动电压表上而不是接地的那根导线来达到。如果两点的电压不

等于或者小于蓄电池的电压，或者似通非通，则需检查线路是否有切断，连接是否有松动、腐蚀或烧坏。还需保证蓄电池桩头的清洁。

上述检查可参照图 323 进行。

3．当点火开关闭合，发动机不旋转时的检查（指安装有“trio”的交流发电机）：按照图 314 将电压表上不接地的那根导线接到转子的 EXC（磁场）的接线柱上来检查。考虑到从蓄电池出发经指示灯、调节器、转子而接地的电路上的电压降正常电压应在 2V 左右。如果电压高于 2V，则激磁线路发生了故障，则需检查电刷。

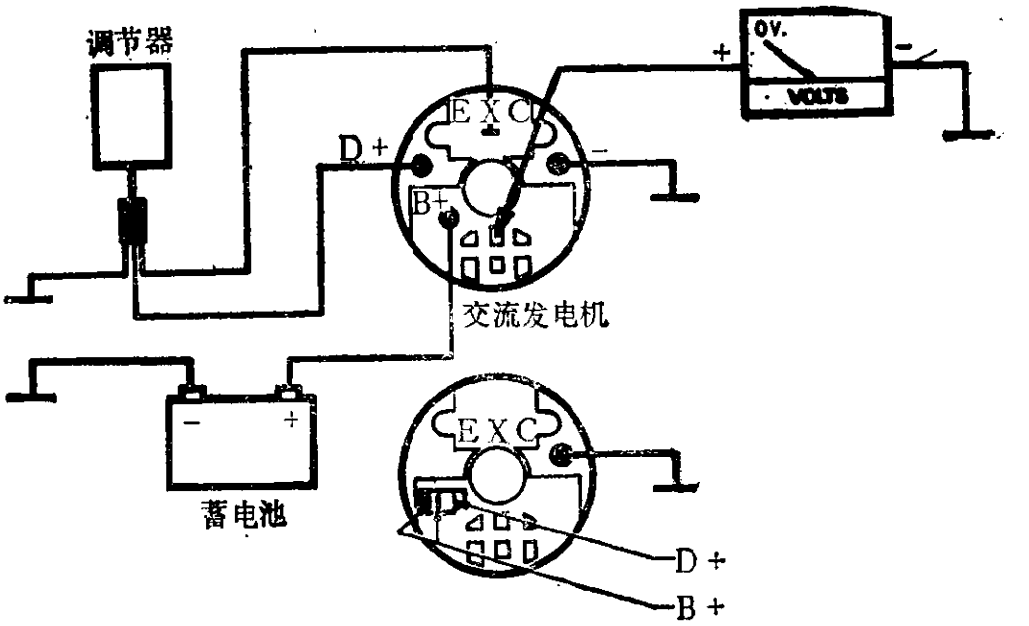


图314　开关断开时检查

如果电压表指示为 0，则需检查调节器、点火线圈与指示灯的连接。

上述检查可参照图 324 进行。

4．当点火开关闭合，发动机的旋转高于怠速时的检

查：如果检查3时的读数值不正常时，则需断开激磁导线来检查转子，在B＋接线柱与激磁接线柱之间接入一个电流表，如图315所示。如电流低于1A，则需检查电刷和滑环。如果磁场线圈短路，则有一个非常大的电流通过电流表。因此，必须注意在接电流表的线路中要串接一个变阻器。

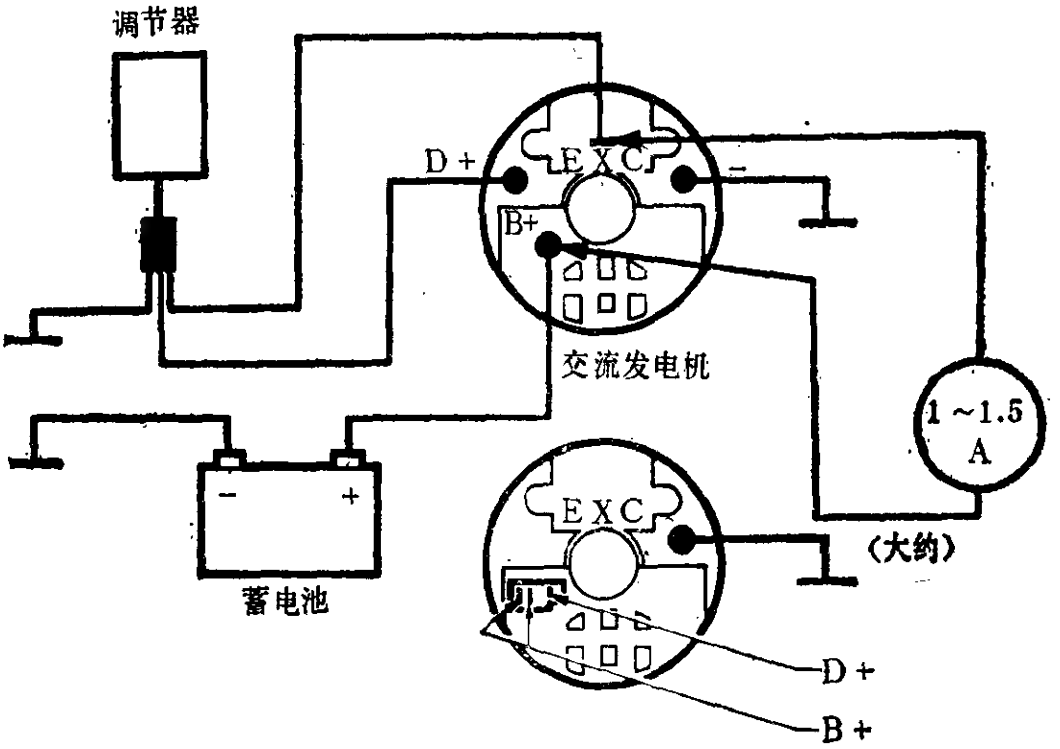


图315　开关闭合，发动机转速高于怠速时检查

如果检查3时，即在开关闭合、发动机不旋转时的检查，读数值是正常，则需检查B＋接线柱与蓄电池“＋”接线柱的电压，这两个电压在温度为25°℃左右时均应为14.2V（±0.5V）。如果蓄电池电压与交流发电机的输出电压差高于0.3V，则需检查蓄电池上的接线柱是否有油污，或者检查线路中是否有接触不良的情况。

上述检查可参照图325进行。

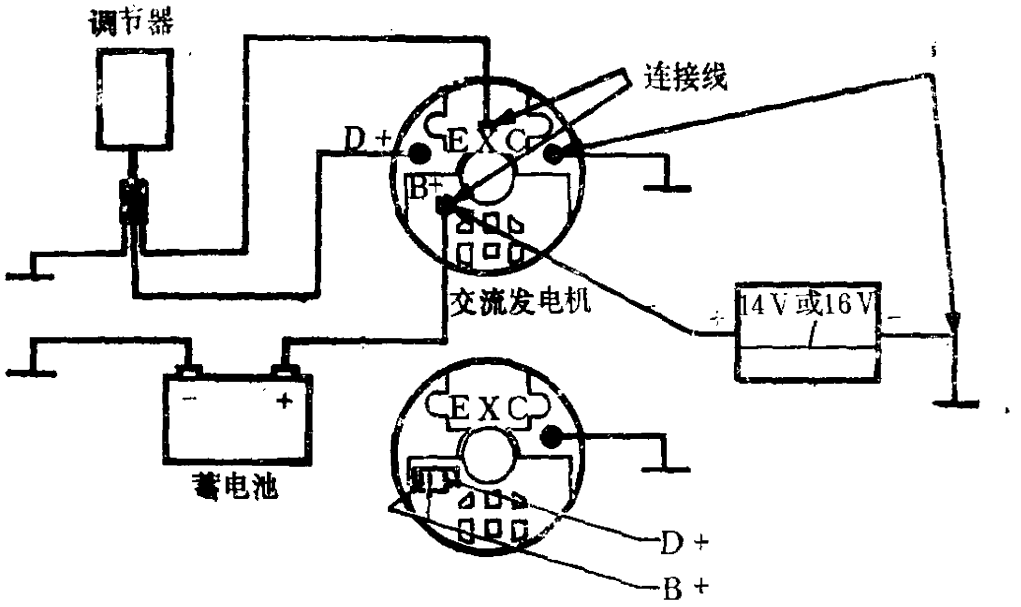


图316　当开关闭合，B＋接线柱和激磁接线柱连接，发动机怠速时的检查

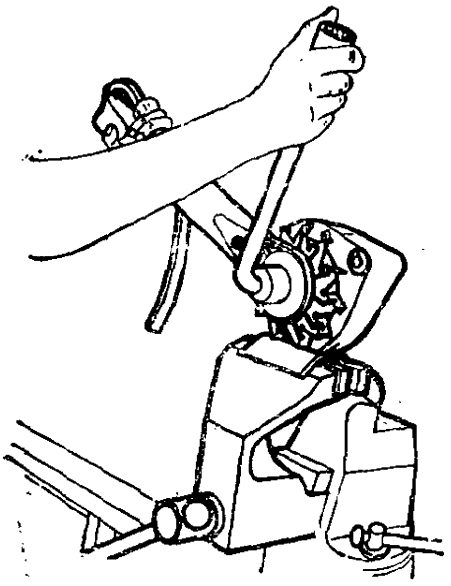


图317　皮带轮和风扇的拆卸

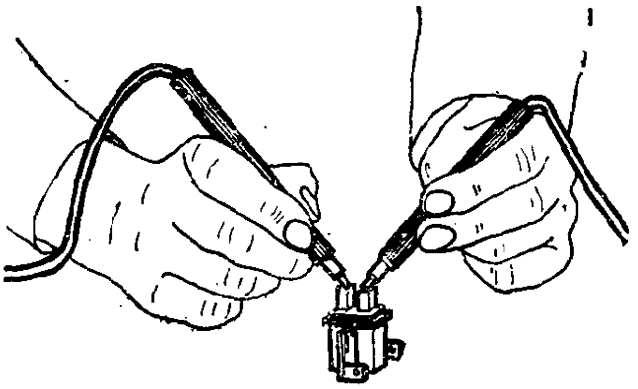


图318　电刷架的检查

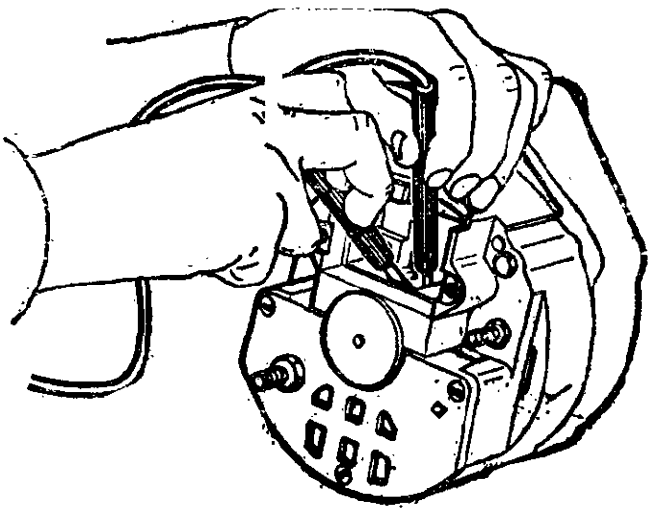


图319　用欧姆表检查转子

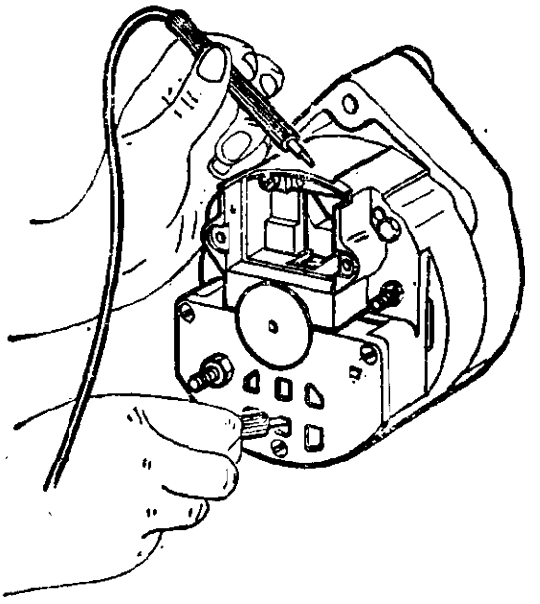


图 320　定子的检查

5．当开关闭合，激磁导线与调节器被断开，B＋接线柱与激磁（EXC）接线柱相接，发动机以怠速旋转时的检查：检查B＋接线柱与接地之间的电压。如果这时测得的电压升高到 14 V或 16 V，而在检查 4 时所测得的电压不能升高到14 V，则表明调节器发生了故障，应予更换。

如果输出电压不升高，而且激磁电路也被证明处于良好状态，则故障是出自定子或者整流二极管。

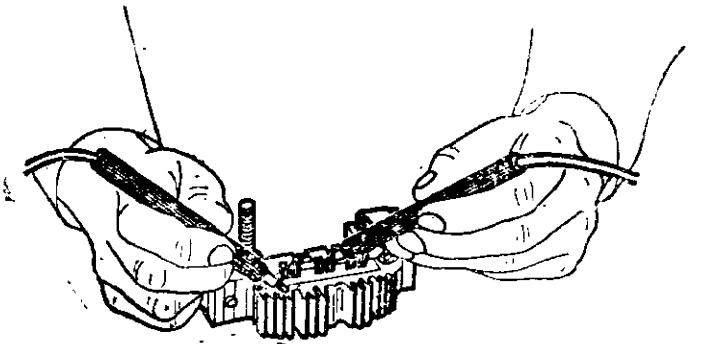


图321　负向二极管的检查

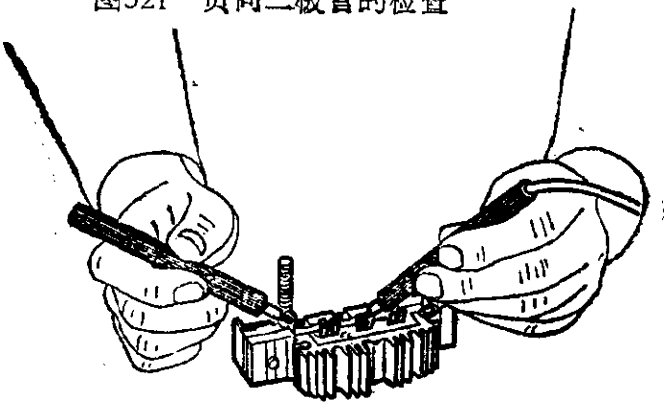


图322　三个一组的二极管的检查

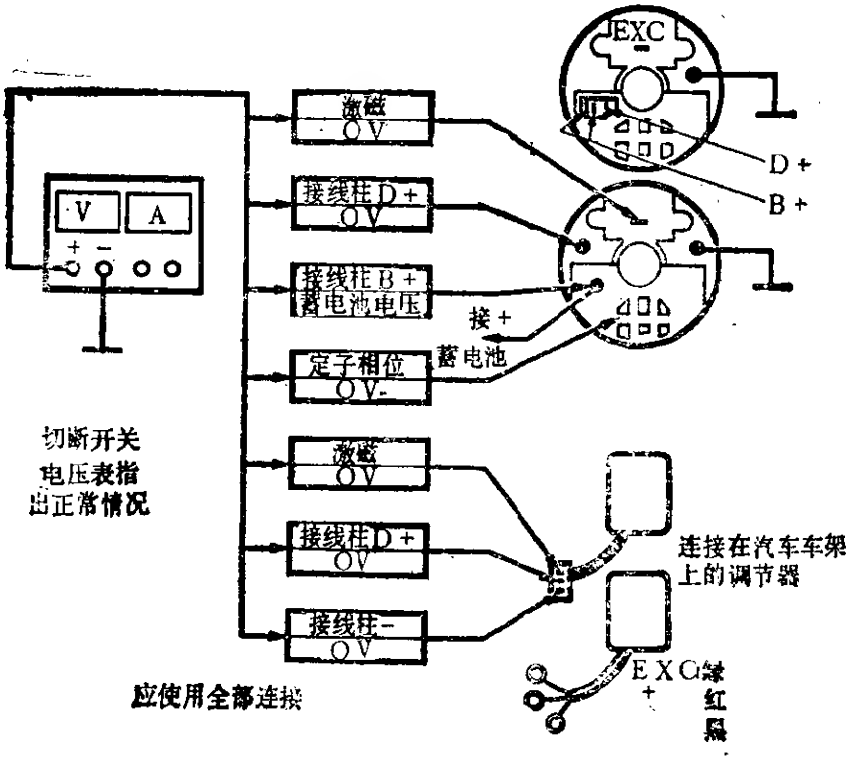


图323　断开点火开关时的读数

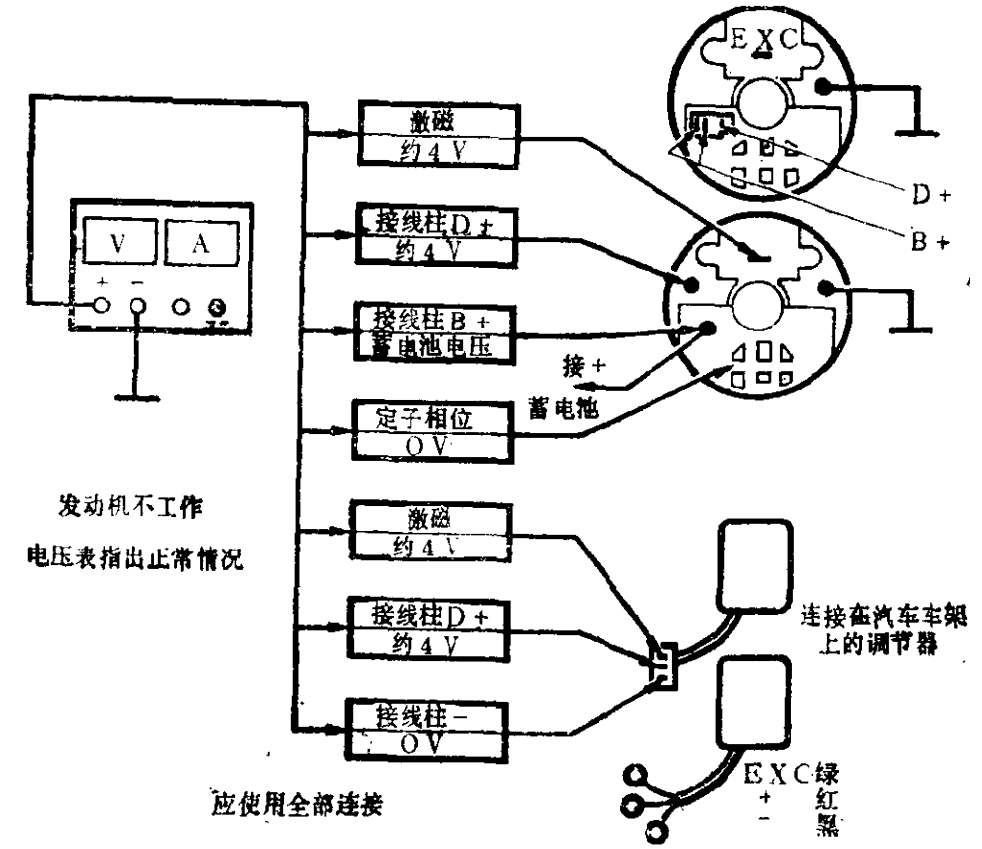


图324 发动机不转动，闭合点火开关时的读数

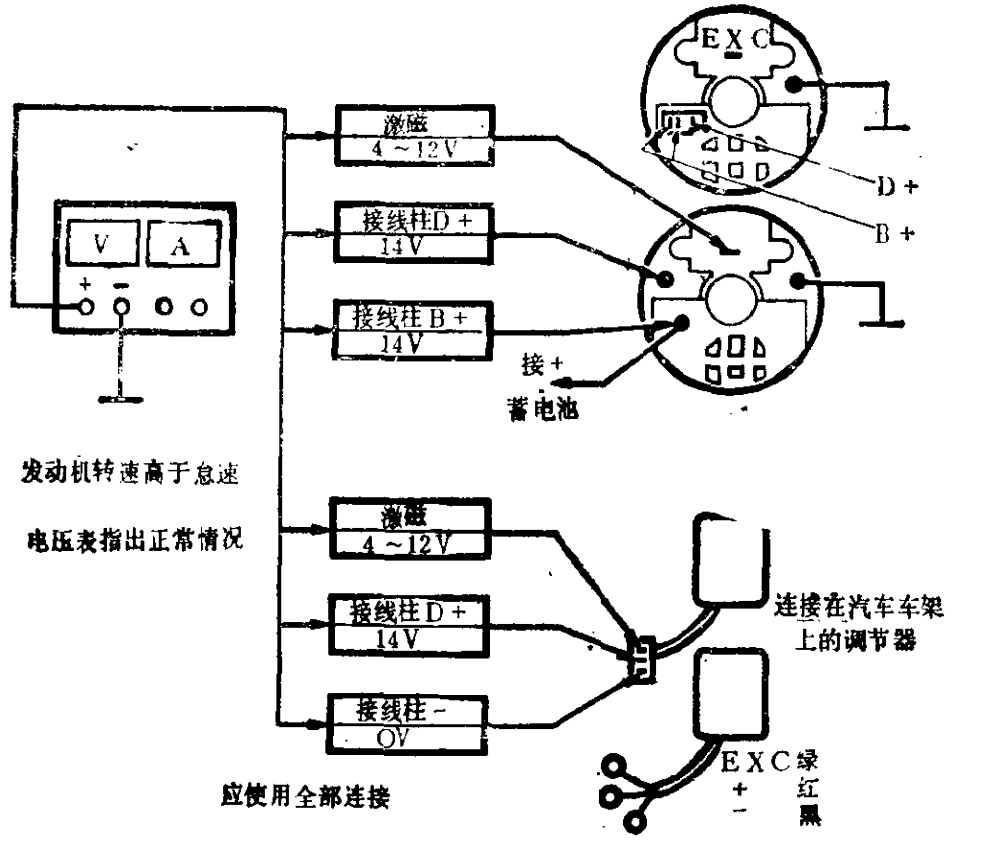


图325 发动机转速高于怠速，闭合点火开关时的读数

四十三、摩托罗拉电子调节器及其热态调节

结　构

从图326看这种调节器和普通电子调节器一样，包含如下元件：

——3个晶体管；

——1个齐纳二极管；

——1个反馈电路；

——12个放电二极管；

——各种电阻与电容器；

——3个接线柱。

但是，其结构还有如下两个特点：

——没有与电位计相连的热敏电阻；

——齐纳二极管串接在电位计的电阻上。

既然可以用一个热调节装置来改善调节器的性能，那么，也可考虑用其他元件如控制晶体管 T_1 与齐纳二极管 Z 来担负这一作用。下面我们对此作进一步说明。

晶　体　管

共有三个晶体管，它们在调节器内部所起的作用（见图326）分别如下：

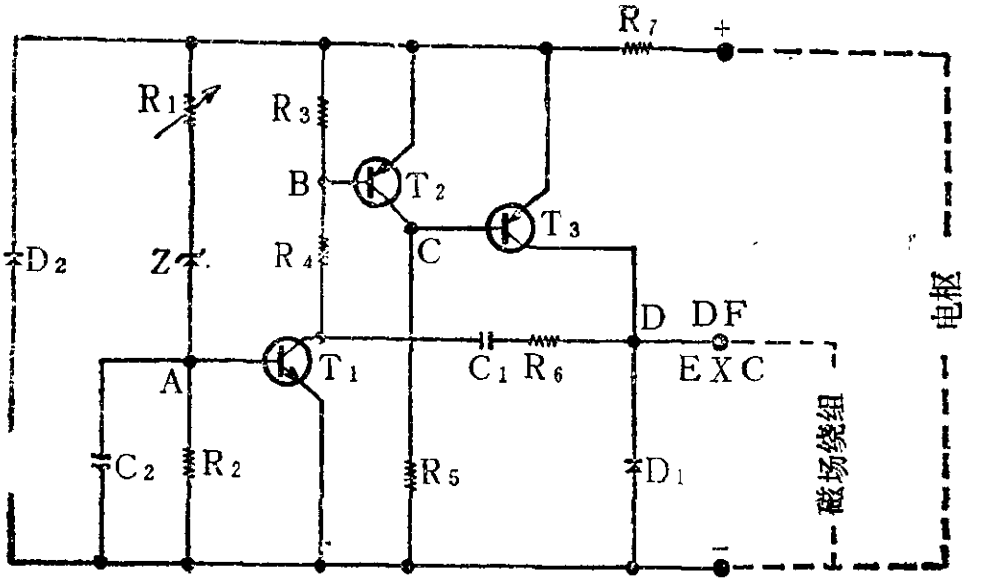


图326　摩托罗拉调节器的电路图

——T_1是NPN型控制晶体管，它与齐纳二极管相连，但是这种连接不象通常那样，将其基极串接在齐纳二极管上，而是将其基极分接到电位计的齐纳二极管下面的一点上，与“+”极相联系。该晶体管对于热调节很敏感。

——T_2是PNP型晶体管，等于是一个放大器。当T_1在电流强度高于一定值的情况下，T_1导通时，T_2亦导通。T_2将该电流信号放大，并影响到T_3。

——T_3是PNP型功率三极管，当T_2导通时截止。当T_2截止时导通。

电位计和齐纳二极管的温度

下述元件是互相串接的：

——电阻R_1，它对调节器的调整起作用；

——固定电阻R_2；

——齐纳二极管Z，其工作电压应是很低的，以便它总是低于调节器给定的电压，另外齐纳二极管总是有一个很弱的电流通过。

齐纳二极管调节是与温度有关的。因而，应该考虑：

——当齐纳二极管的端压约为5.5V时，其温度系数为0；这时它的电阻值不随温度的变化而变化；

——当齐纳二极管的端压低于5.5V时，其温度系数为负，其电阻值随温度的升高而减小；

——当齐纳二极管的端压高于5.5V时，其温度系数为正，其电阻值随温度的升高而增大。

温度对于晶体管 T_1 的作用

当温度升高时，在其它相同条件下 T_1 的电阻值减小，通过 T_1 的电流强度增大，如同电流总是经过齐纳二极管Z那样，电流总是经过 T_1。

在恒温下的调节

首先，根据图326来说明在恒温下的调节是如何进行的。

(1)当调节电压在整定值以下，此时电流能够持续进入磁场绕组。这时可观察到在下述各电路中的电流情况：

——一个与温度和电压相适应的电流进入电位计（接着进入齐纳二极管Z）；

——一个从接线柱A出发经过 T_1 的基极-发射极的电流导通 T_1；

——于是，R_3、R_4 以及 T_1 的集电极-发射极电路有电流通过；

——由于该电流很小，所以接线柱B的电位相对来说较高，因为在 R_3 上电压降很小。电流不能从 T_2 的发射极流向基极，T_2 截止；

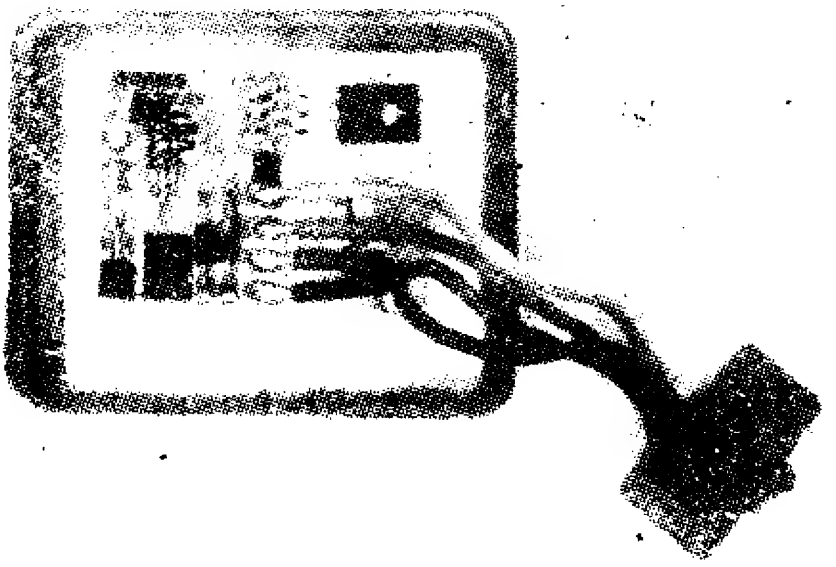


图327 摩托罗拉分离式调节器

——由于 T_2 不导通，C的电位很弱。T_3 的基极通过R_5导通(接负极)，因此，其发射极-集电极电路通过接线柱DF-EXC为磁场绕组供电。

(2)当电压升高到一定值，则磁场绕组电路被切断，这时电路中的情况为：

——电位计中的电流增大(齐纳二极管的电流亦增大)；

——T_1 基极电路中的电流增大，因此进入集电极-发射极电路的电流亦随之增大；

——通过 R_3 与 R_4 的电流增大，接线柱B的电位降低：

——T_2 导通，因此电流从 T_2 的发射极流向基极；

——T_2 的发射极-集电极电路通过 R_5 导通(接负极)；

——接线柱C的电位升高，当该电位高于 T_3 发射极的电势时，发射极-基极电路的电流被切断，T_3 不再导通；

——磁场绕组电路被切断；

——交流发电机的电压下降。

（3）上述现象重新开始。磁场绕组电路中所经过的电流是断断续续的。

T_1 的温度升高对于磁场绕组电流的作用

这里暂不考虑齐纳二极管的温度变化，实际上，它的温度变化与 T_1 的温度变化基本上相同。

如果 T_1 的温度升高，T_1 电路的电阻值减小。在相同电压下，T_1 允许更多的电流通过。根据交流发电机的电压控制 T_2 的集电极-发射极电路中的电流可更快地达到一定值，T_3 也被切断得更早。

总之，当温度升高时，磁场绕组的平均电流强度减小。因此，电压下降，蓄电池的充电电流强度亦减小。

齐纳二极管温度变化的作用

为了叙述方便，首先对下面几个符号予以说明：

——U 代表“+”、“−”接线柱之间的电压；

——V_2 代表齐纳二极管的电压；

——V 代表齐纳二极管温度系数为 0 时的电压值。

下面分析齐纳二极管的电压变化对于磁场绕组电流的作用：

1．当U很弱时，则 $V_Z<V$，齐纳二极管 Z 的温度系数为负。当温度上升，齐纳二极管的电阻下降，因而齐纳二极管 Z 与 T_1 的电流强度增大，也就是说当接线柱 B 的电位下降。这样一来，T_2 导通更早，T_3 截止也更早。磁场绕组的电流强度下降(这里指的是平均值)；从而使得U下降。

2．当U为中间值时，则 $V_Z=V$，温度系数为 0。温度变化对于齐纳二极管不起作用。

3. 当U高于中间值时，则 $V_Z > V$。温度系数为正。温度上升，使得Z的电阻值增大，电位计的电流减小，T_1基极的电流亦随之减小。这样一来，接线柱B的电势升高，使得 T_2 截止更快，也就是 T_3 的导通更快。U升高。

总之，当U升高引起 V_Z 的升高时，Z随温度的升度首先使磁场绕组的平均电流强度减小，然后使它保持不变，最后使这个平均电流强度增大。

但是，必须考虑到这种调节是对于高电压来说的，因此，可以说，齐纳二极管的作用是通过晶体管 T_1 来阻止激磁电流的下降。

需要补充的是，如果需要随着温度的上升降低激磁电流的话，则可设计取消齐纳二极管。

其它元件的作用

——二极管 D_2，它的作用是允许加在调节器上的额定电压的反向电压经过，以便不干扰调节器的工作。

——电容器 C_2，它的作用是减弱可能加到控制晶体管 T_1 中去的波动的电压。

——电容器 C_1 与电阻 R_6，它们共同组成一个反馈电路，以有利于 T_2 与 T_3 的关闭与导通。这种反馈作用如下：当 T_2 开始导通，即B的电势下降时，D的高电势通过 C_1 反馈到B，使 T_2 关闭，T_1 导通。反之，当 T_2 停止导通即B的电势升高时，D的低电势通过 C_1 反馈到B，使 T_2 重新导通。依此类推。这样一来，电压波动与频率更趋稳定。

——二极管 D_1，它是在磁场绕组电路被切断时起放电作用的二极管。可能会造成有害的感应电流，经该二极管沿正常方向通过，以保证磁场绕组电流的连续性。

——电阻 R_7，它是一个稳定性电阻。当调节器在电流过大的情况下工作时，用该电阻来避免调节器工作的不稳定。

已安装好的调节器

图 327 是摩托罗拉调节器的外形图。

图 327 所示的调节器是与交流发电机分开安装的，因此它有四个接线柱。图中可以看到位于左下侧的连接器和以下元件：

——位于左下角的小方块是 T_1，T_1 右侧比它稍大的方块是 R_5；R_5 右上侧的两个圆柱体从左至右分别为 D_1 和 D_2；

——位于 4 个接线柱上方的小方块是 R_7；

——位于调节器左上角的黑色矩形是 R_1，位于 R_1 下面的元件是 Z，位于 Z 下面的小方块是 T_2；

——位于调节器右上角的大方块是 T_3。

四十四、巴黎·罗纳(PARIS-RHONE)公司的A13R型交流发电机及其AY2型调节器

巴黎·罗纳公司研制了下面两种型式的交流发电机，即安装在轻型车辆上的匹配有AY2型触头振动式调节器的A13R型交流发电机，以及安装在重型车辆上的匹配有ZE2型电子调节器的A16R型交流发电机。

下面介绍这些交流发电机。

A13R型交流发电机的结构

图328指明是这种交流发电机的外形图，图上标有主要尺寸以及正接线柱与激磁接线柱的位置。图中还可看到位于后端盖上的6个整流二极管。

这种交流发电机包括如下五个部分：

1. 转子，即转动部分，指发电机的磁场绕组。磁极为爪型。转子的两个爪极中的一个是有6个北极的鸟嘴形磁极，另一个有6个南极的鸟嘴形磁极。垂直装于旋转轴的两个爪极夹住绕在轴上的线圈。转子上装有两个滑环，激磁电流是通过这两个滑环传输的。

2. 定子，即固定部分，指发电机的感应线圈。它是由带有内槽的钢片组成的，三相线圈安装在36个定子槽中。每相分布在12个槽中。其连接方式可以是星形连接，也可

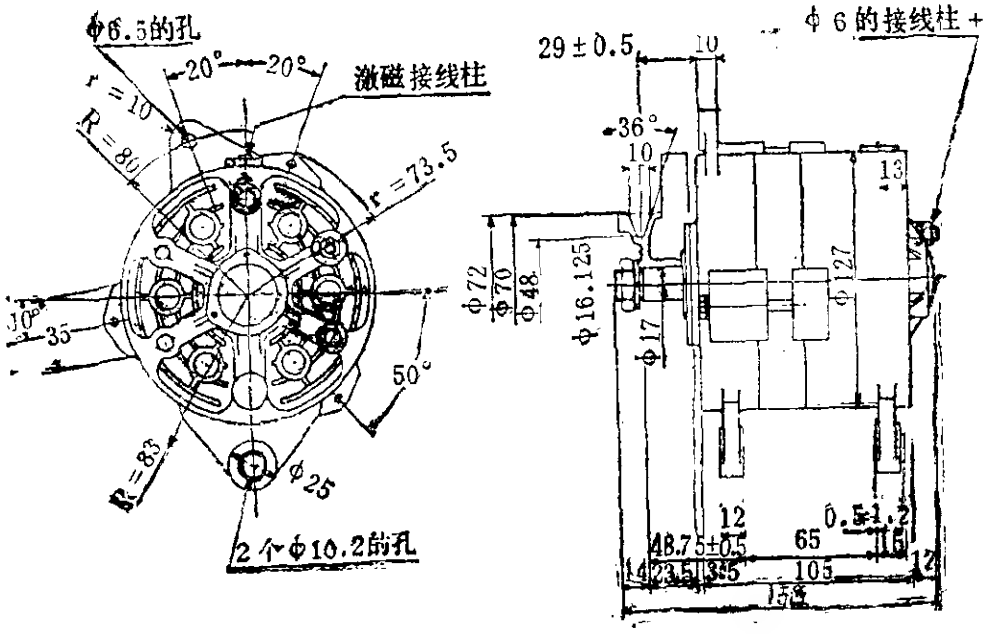


图328　A13R2交流发电机外形尺寸图

以三角形连接。

3．硅整流器，6个整流器组成的桥按传统方式连接成三相可使它整流每个相位电压的两个半波，以便产生电器装置和蓄电池充电所需要的脉动电流。6个整流器每3个分为一组，分别安装在两个支架上。与交流发电机的接地极相连的支架是整流桥的负极，另一个与接地绝缘的支架是整流桥的正极，该正极与汽车电路相连。每一根相位输出线与一个负向二极管及一个正向二极管相连(见图329)。

4．两个端盖。

5．风扇与皮带轮。

图329是这种交流发电机的接线原理图。图中包含双级触头的振动式电压调节器的线路图。图330是调节器的外形尺寸图，图中可以看到它的两个接线柱，这两个接线柱分别与定子的正接线柱及激磁接线柱相连。调节器的负极就是其底座，连接时要十分小心。

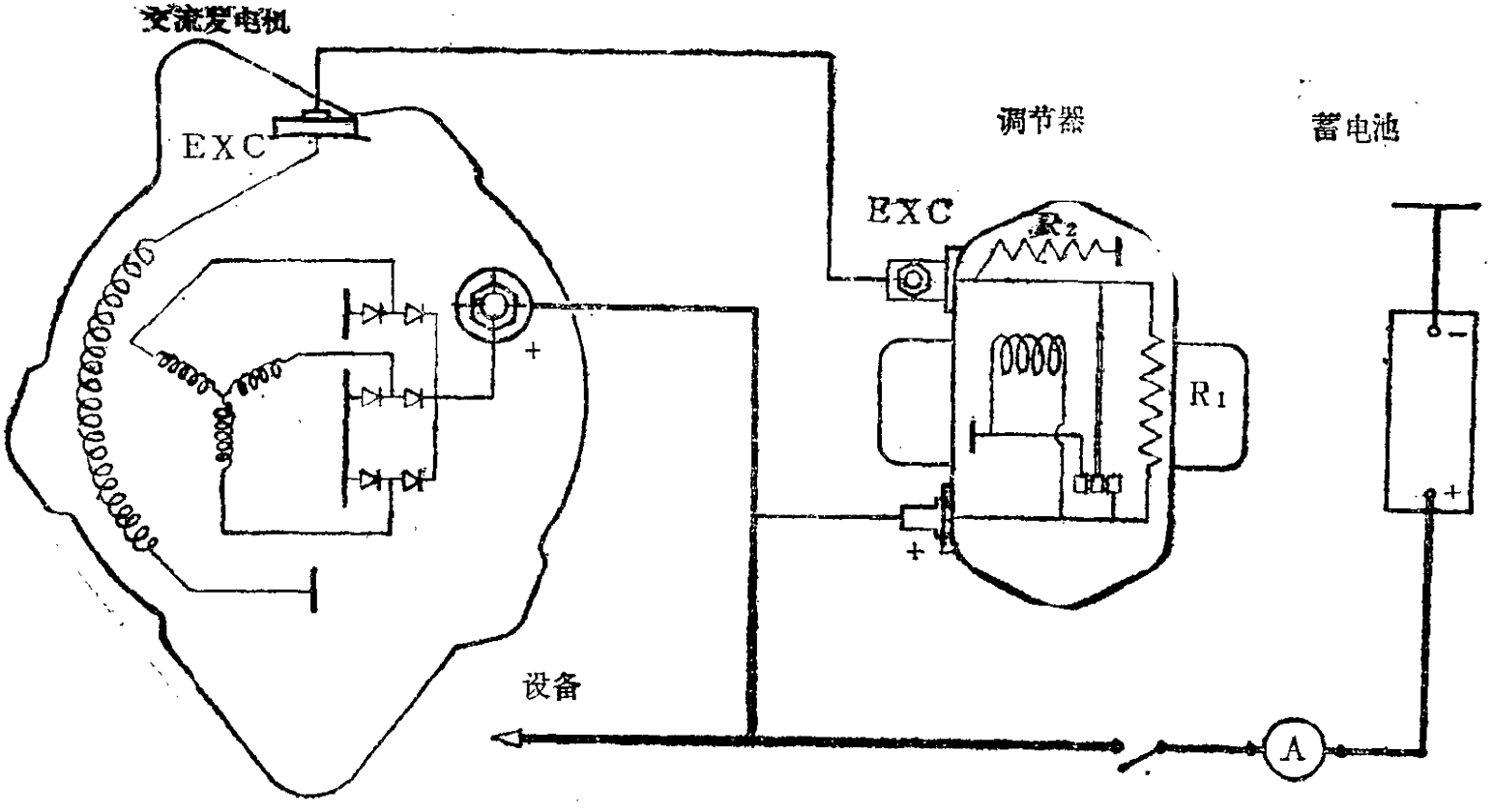


图329　交流发电机和调节器的安装图

图329中可以看到，双触头在不工作位时使调节电阻R_1短路；当它位于中间位时将该调节电阻接入磁场绕组电路中；当振动臂被吸到最大位置时，将磁场绕组短路。

电阻R_2的作用是当切断电流时，吸收感应电流，保护触头。

这种交流发电机不用截流继电器，因为它带有整流器，也没有电流限制器，因为其电流强度是交流发电机自己调节的。

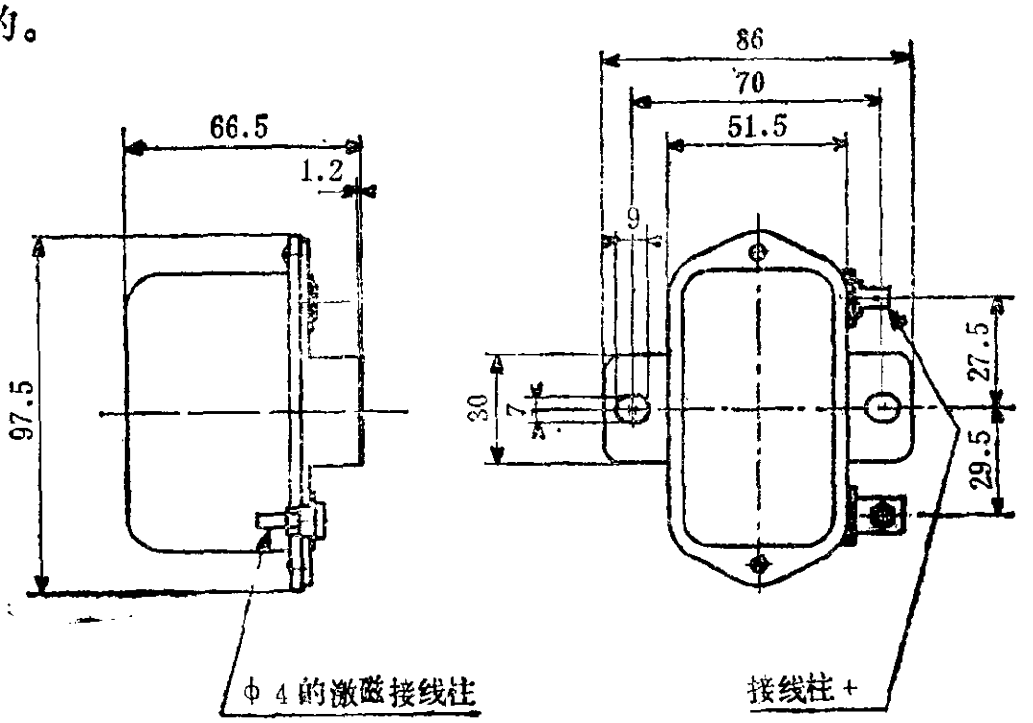


图330　AY2调节器外形尺寸图

交流发电机的接线

制造厂要求在接线时注意如下事项：

1．任何错误接线都会造成调节器和整流器的迅速损坏。

2．不能用手摇兆欧表测试交流发电机与调节绝缘。

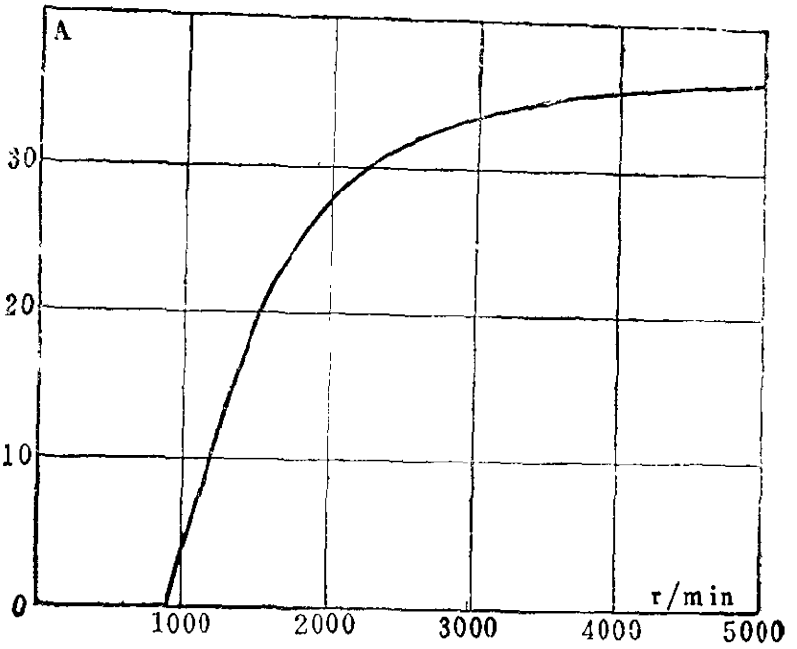


图331　A13R交流发电机的特性曲线

3．不接上蓄电池与调节器，不允许转动交流发电机。

检　查

首先观察交流发电机在不同转速下所输出的电流强度是否符合图331所示的特性曲线。该特性曲线是在13.2V的恒定电压下，交流发电机以3000 r/min的转速工作1h（当电压为14V时，其电流量为30A）后绘制的。

上述检查可采用等效负载来进行，该等效负载可以是一个电阻值约为0.5Ω的变阻器并且至少能够承受40A的电流强度。如果交流发电机所输出的电流量不符合要求，或者交流发电机没有发电，则需进行下面的检查。

拆　卸

更换电刷或轴承，或者进行其他操作时，可能需要拆卸交流发电机。那么，首先需取下三个固定螺栓，将驱动端盖

连同转子一起拆下，后端盖仍连在定子上。另外，通过断开连接整流器与定子相位的连线，使定子与它的整流器分开。

定　子

可以用一个欧姆表检查定子各相与接地之间的绝缘值，该绝缘值应高于 500 000Ω。

在任何两相输出线之间所测得的电阻值应该相同，相差不大于±5%。

转　子

滑环与接地之间的绝缘值应等于 500 000Ω；两个滑环之间的电阻值为 4.5Ω 左右。

整 流 器

检查二极管时需十分小心，因为二极管不能承受过电压。

检查整流器只需用带电池的欧姆表。测量它们的电阻值应按正反两个方向进行（即按照允许通过或阻止电流流动的两个方向进行）。测量时将欧姆表以一定极性方向加在整流器的输出线与其底座之间，二次测量其极性方向要相反，正向所测得的电阻值要低，反向所测得的电阻值应为数千欧姆。如果按正向所测的电阻值为 0，则表示整流器短路；如果所测的电阻值为无穷大，则表示该整流器断路。

还可用欧姆表来检查二极管正极是否接地。测得的电阻值应为无穷大。

调 节 器

如果调节器工作不正常，则需检查调节器本身。最简单

的办法是不用调节器。而将激磁接线柱直接与定子的正接线柱相连接，然后检查交流发电机是否发电。但必须注意要以低转速运转，如果交流发电机发电，则说明调节器有问题，需送回制造厂。而调节器既不需要维护也不需要调节。

新 产 品

新提供的 A13R 型交流发电机(三相，直径为 130mm)滑环配有保护装置，对电刷可以接近，新产品技术规格如下：

——电压为 12V，电流为 35～70A；

——电压为24V，电流为 28～33A。

与上面介绍相近的有A11R1 型交流发电机（三相，直径为 110mm)，其功率为 450W，它安装有体积很小的小型二极管。

四十五、巴黎·罗纳公司的A16R型交流发电机及其调节器

这种交流发电机和直流发电机一样，呈圆柱体形状，不过比后者短粗些。图332就是这种交流发电机的外形图，图中间是用钢片组成的定子，两端安装有端盖。从图中的一端有可看到传动皮带轮与风扇，该风扇对于二极管的冷却是特别重要的；在另一端可以看到交流发电机的两个接线柱，即电枢接线柱与磁场绕组接线柱。

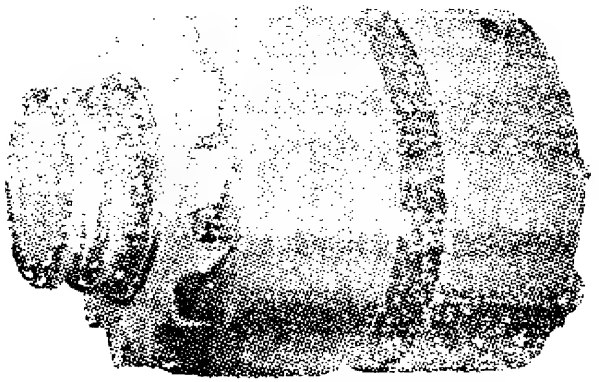


图332　巴黎·罗纳A16R型交流发电机

图333是这种交流发电机的外形尺寸图。

转子或磁极，带有两个为其磁场绕组供电的滑环。转子为爪极型结构，带有两个爪极，一个带有6个北极的鸟嘴形磁极，另一个带有6个南极的鸟嘴形磁极，并将绕在轴上的线圈夹住。因此它有12个磁极。

定子由钢片组装而成，三相绕组安装在它的36个定子槽中。每个相位的绕组分布在12个定子槽中，相位连接可以呈星形，也可以呈三角形。

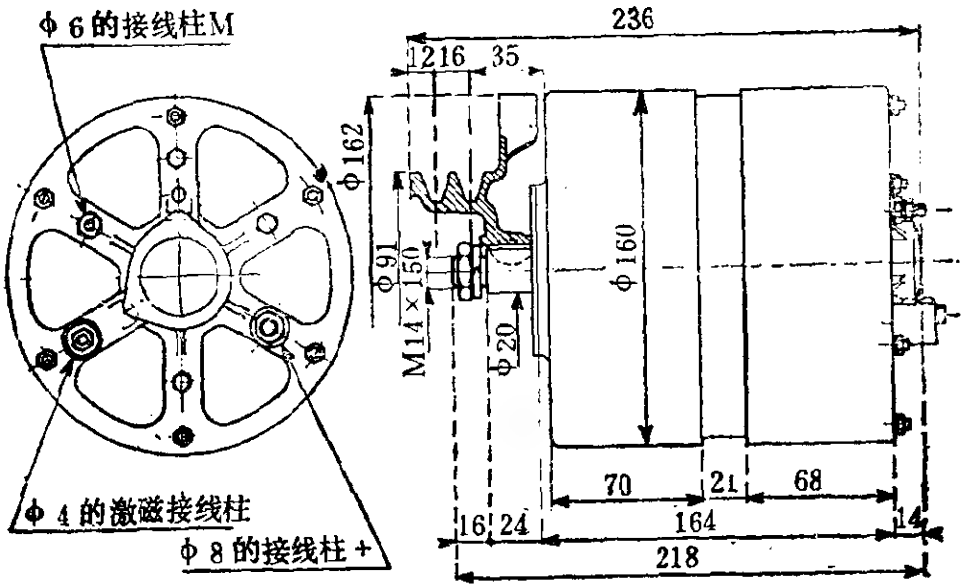


图333　交流发电机的外形尺寸图

滑环一侧的端盖上装有整流器支架、刷架和接线柱。驱动端盖的端头安装有皮带轮与风扇的转子轴。

硅整流器

具有6个硅整流管的桥式整流将三个相位发出的交流电压进行整流并使其变成轻微脉动的电压。

6个整流管被分成每三个一组分别安装在两个支架上。其中一个支架是整流桥的正极，另一个是整流桥的负极。

电压调节器

与轻型汽车上的交流发电机相匹配的巴黎·罗纳调节器是振动式调节器，它所采用的原理与直流发电机上调节系所采用的原理是一样的。与重型汽车上的大功率交流发电机相

匹配的调节器是电子调节器。

图 334 是带有盖子的调节器的外形尺寸图。

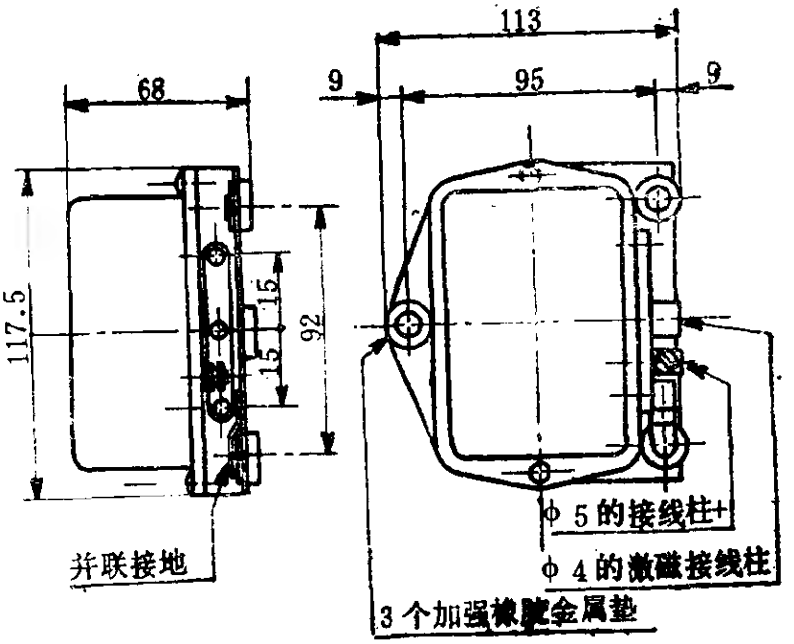


图334　调节器的外形尺寸图

它包括有晶体管、二极管以及齐纳二极管。这种调节器有两种型号，一种是适应于铅蓄电池的ZL210 型调节器，一种是适应于碱蓄电池的 ZL211 型调节器。它们的区别在于其调节电压，前者为 28V，后者为 31V。

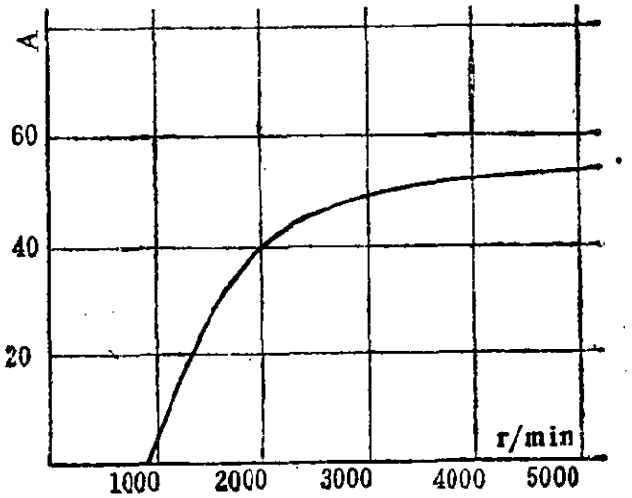


图335　输出特性曲线

特性曲线

这里介绍 A 16R 型交流发电机的两个特性曲线：

1．在恒定电压为28V时，表示输出电流量与转速的关系的特性曲线，如图 335 所示。

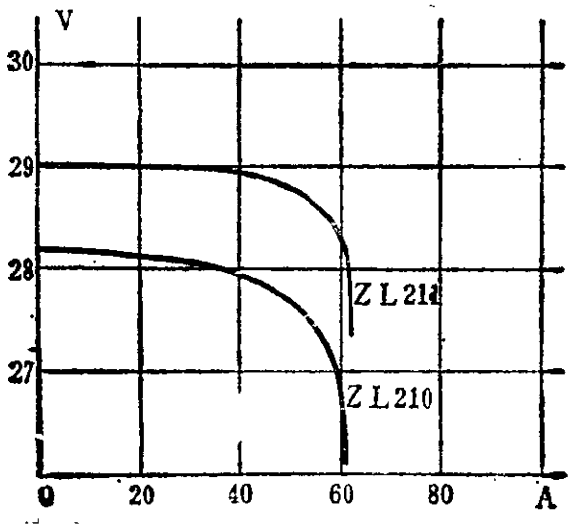


图336　调节器特性曲线

2．表示两种型号的调节器的电压与输出电流量关系的特性曲线，如图 336 所示。

接　线

图 338 是接有电流表的线路图。图 337 是接有充电指示灯与继电器的线路图。

A16R 型交流发电机的派生

A 16R 型交流发电机可以派生出 24V 的A 16R 36、37 和 38 型交流发电机，它们的额定电流分别为 60A，80A 和 100A，实际上，它们能够提供出 60～120A 的电流。

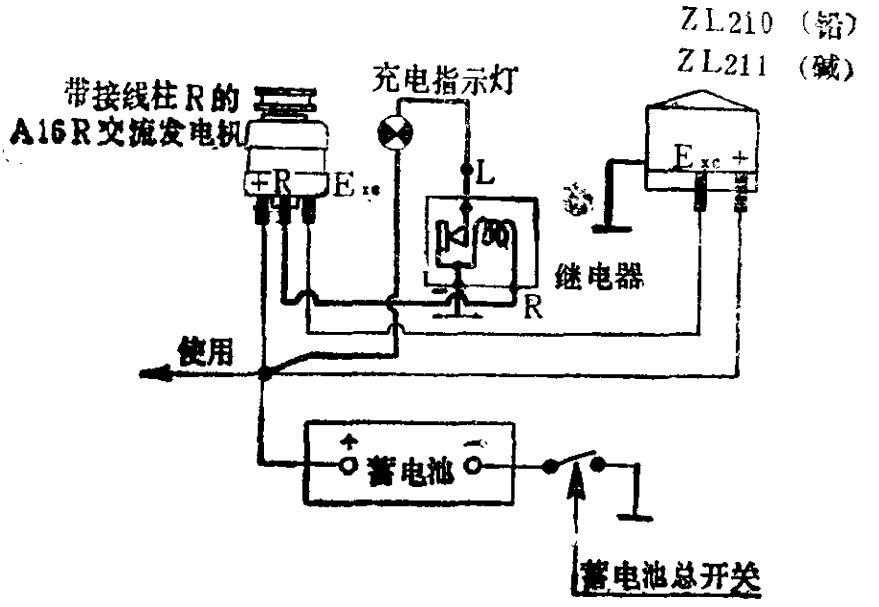


图337　带充电指示灯的安装线路

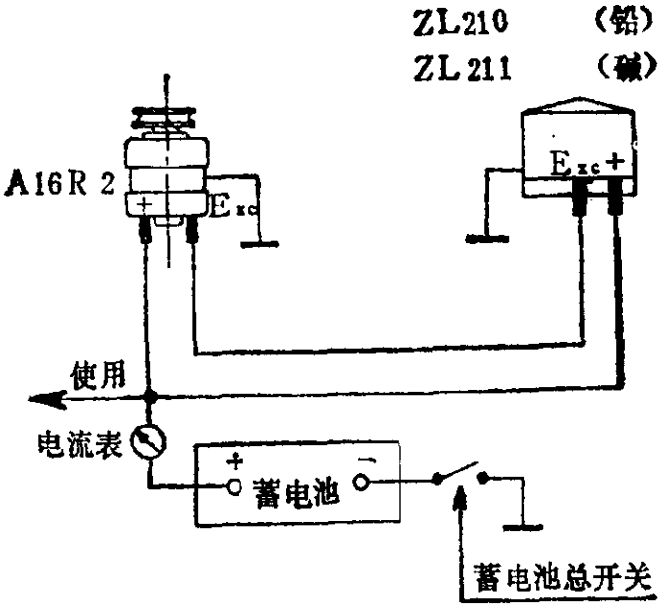


图338　带电流表的安装线路

四十六、巴黎·罗纳公司的A16R9型交流发电机的保护

A16R9型交流发电机主要与装有柴油机的重型汽车匹配，在结构上对于电子元件和各绕组特别注意加以保护。

磁场绕组电路的保护

在制造交流发电机时，应考虑到不能让磁场绕组电路在发动机停止工作时，也就是发电机停止工作时与蓄电池相通。如果该电路与蓄电池相通，则要消耗2～4A左右的电流(在A16R9型交流发电机中需消耗1.8A)。这种电流消耗是不可忽略的，如果发电机停止工作12h，则蓄电池要消耗20多安培小时的容量，甚至更多。这种消耗还会引起其它各种故障。

这就是为什么交流发电机制造厂要采用各种不同方法来避免这种放电现象。很显然，最简单的方法就是用点火开关来控制磁场绕组电路。安装点火开关所需的费用是微不足道的，但是它在下面两种情况下是有缺陷的，第一，发动机不是因为点火原因而停止工作(如油路故障，或发动机调整不良等的情况)；第二，没有电点火的情况，即交流发电机配备的是柴油发动机，柴油机在某些轻型汽车和大部分重型汽车上都使用。A16R9型交流发电机配备的是柴油发动机，巴黎·罗纳公司使磁场绕组电路的供电不通过蓄电池，即取

消原接线，引进一根专门连线(见图 339)，为了磁场绕组的供电只通过交流发电机本身来进行，那么它的供电就由与定子的三个星形绕组相连的整流二极管来进行，避免蓄电池放电。

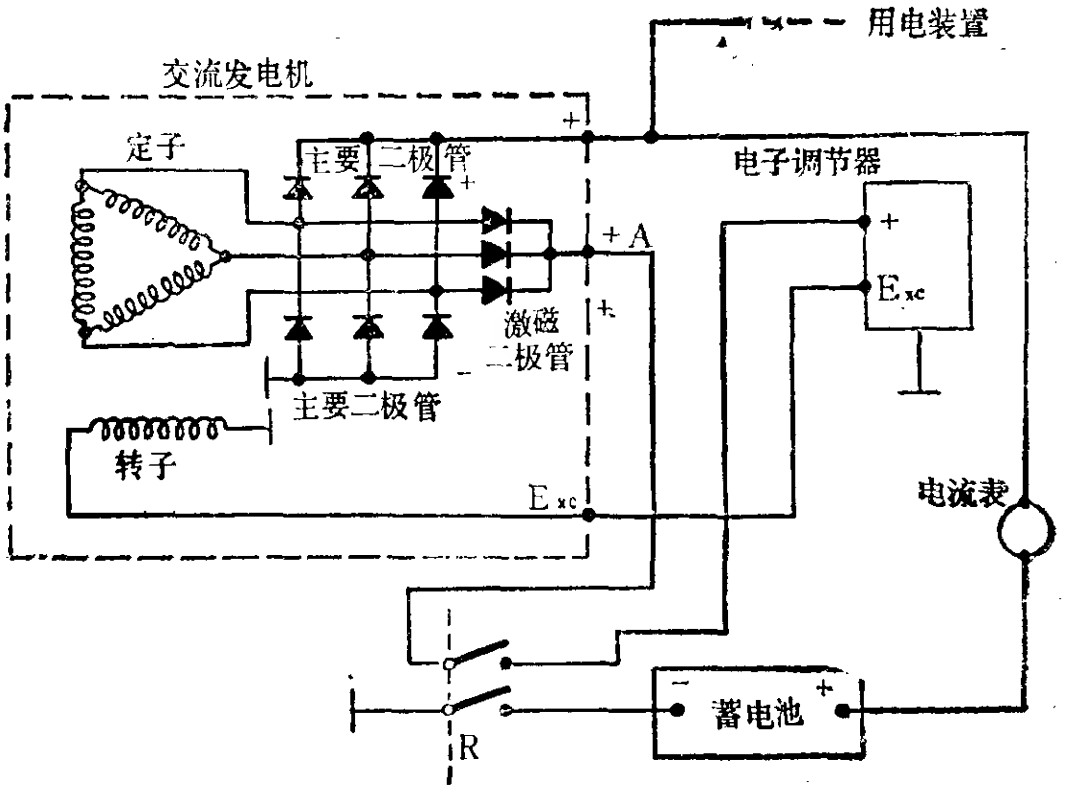


图339　A16R9交流发电机线路图

装置的保护

交流发电机与电子装置制造厂还有一个担心，即害怕电气装置的过电压会对电子元件或者装置本身的一些部件造成危害。

过电压是磁场线路断开时使电流发生突然变化的那些因素所造成的。巴黎·罗纳公司认为，对于装有柴油发动机来说，更容易产生过电压，因为其发动机在断开蓄电池开关以

后，还能继续旋转，所以常常使输出电流发生很大变化，从而产生过电压。

要保护装置不受过电压的危害，是很容易的。可在切断蓄电池之前切断磁场绕组电路，用这种切断办法来避免一切危险。这一工作可通过一个开关R来实现，此开关有二个档位，一次操作可以连续断开2个档，只要看看图339就明白了。

四十七、带内装调节器的巴黎·罗纳A13R3型交流发电机

交流发电机

图340为A13R3型交流发电机的全视图，它是双卦脚"bi-patte"式发电机。图341为其外型尺寸图。这种交流发电机可在发动机罩下的高温环境工作，负极接地。

从图340、图341以及图342中可以看到3个接线柱：①与蓄电池相连的"+"接线柱；②与接地相连的"—"接线柱；③接线柱"Reg"是磁场绕组电路(包括调节器电路)的接线柱。它没有连接充电指示灯的接线柱，因此，充电情况只

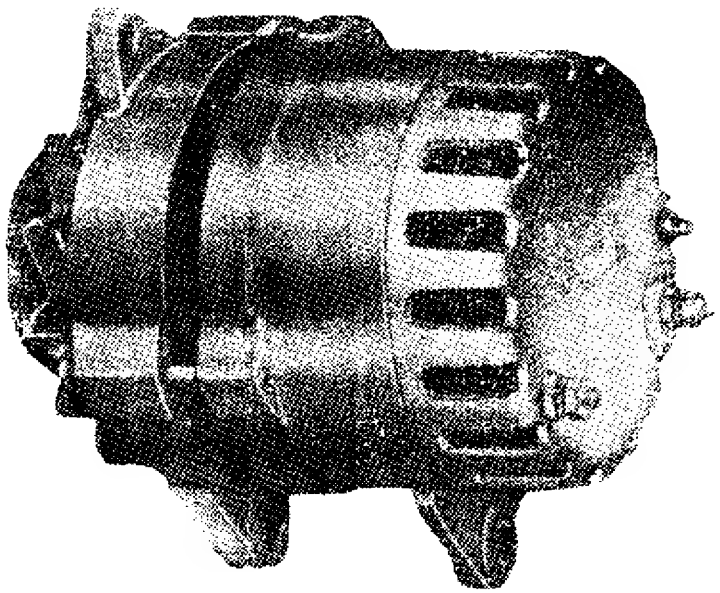


图340 巴黎·罗纳A13R3型交流发电机

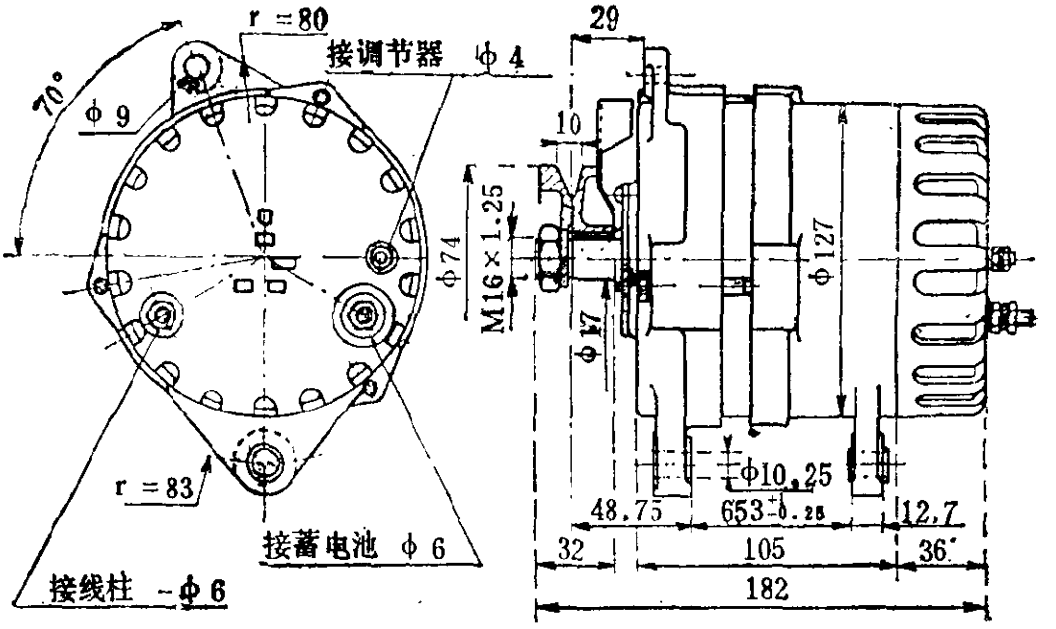


图341　A13R3 型交流发电机外形尺寸图

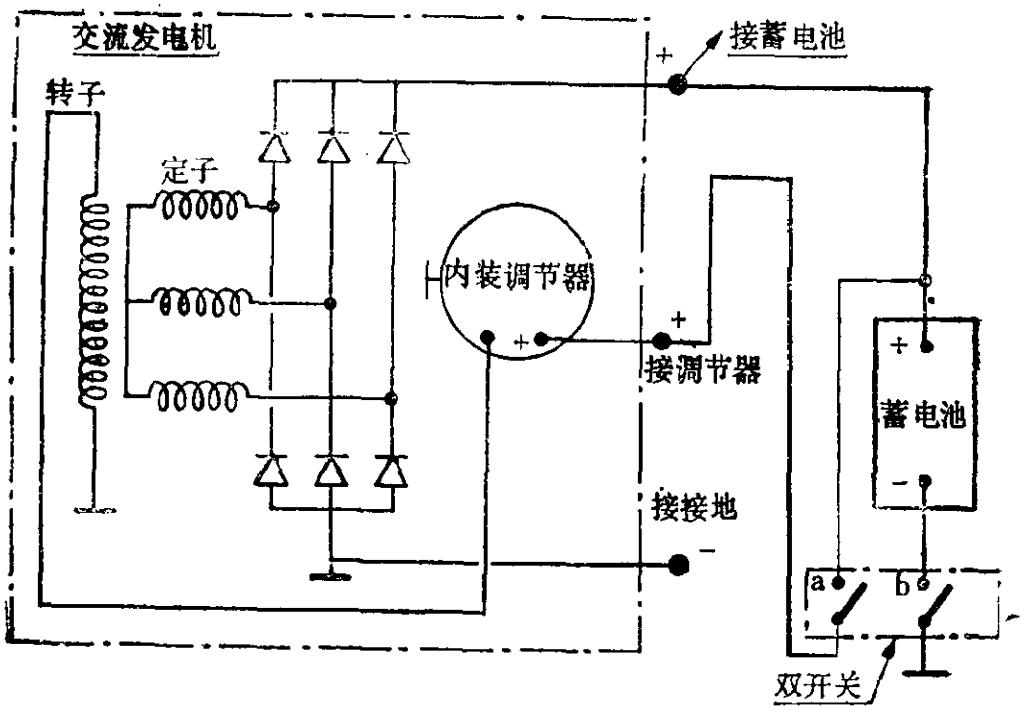


图342　交流发电机和带有双开关装置的电路图

能由电流表来显示。

A13 R3型交流发电机的主要特性参数如下：

蓄电池额定电压：24V；

额定电流强度：30A。图 343 是表示电流与转速之间的关系的特性曲线，这时电压为 28V，并在交流发电机以 4000 r/min 的转速工作一小时后的热态时测得的；当热态下交流发电机转速从 4000 r/min 起，电流强度达到并超过 30A；

28V时的起始转速：1700 r/min(热态)；

最大转速：12000 r/min;

磁场绕组电阻值：19Ω左右；

皮带轮的皮带宽为 10mm；

从驱动端看转子旋转方向：右。

有与旋转方向相应的防磁噪音的措施，就是将转子的爪极进行特殊加工，以便得到逐渐形成气隙。这样一来，当转子从定子槽前由N极向S极旋转时，可以减小噪音。

接　线

整流二极管(见图 342)阻止蓄电池向定子绕组放电，因之它可起到直流发电机所用的逆流继电器所担负的安全作用。但是，当发电机停止工作时，调节器与磁场绕组仍置于电压之下，若这时蓄电池开关没被切断，则它们将会消耗 1.5A左右(即 36W)的蓄电池电流。因此，如果不能用点火开关切断磁场绕组电路(柴油发动机情况就是这样)，就必须采用如下两种开关：

——切断主电路的单开关(见图 344)，在这种情况下，+R接线柱（即调节器电路的接线柱）应通过一根截面为 1mm² 的导线A与交流发电机的“+”接线柱相连；

——双开关(见图 342)，开关 b 切断至电路，开关 a 切断磁场绕组电路。

在第一种情况下，如果蓄电池开关在发动机停止工作之前被切断，而且此时的充电电流可能很大。交流发电机绕组是有很大自感的，假如这时在运行中切断主电路的话，则在交流发电机的两端产生有可能损坏汽车各种电子元件的瞬时过电压。这就是为什么要采用双开关的道理，不过，这个开关先断开磁场绕组电路，然后断开主电路。磁场绕组电路被切断，交流发电机就不再会发电，这样在切断主电路时，就不会再产生过电压了。

内装式调节器

这种调节器是 ZL110 型电子调节器，其电路可见图 345，印刷电路板见图 346 ，图 347 表示各电子元件的布置情况。

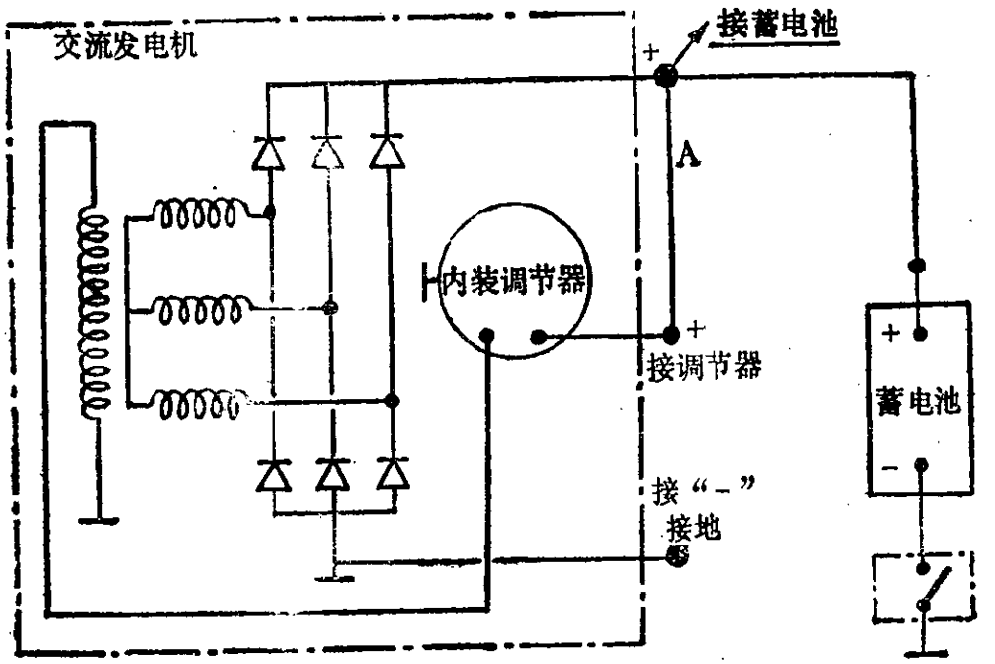


图344　带单开关的装置的电路图

全部元件都浸渍有一层专门保护层。更换损坏的调节器十分简便，不需拆卸交流发电机。如果采用的是铅蓄电池，则调

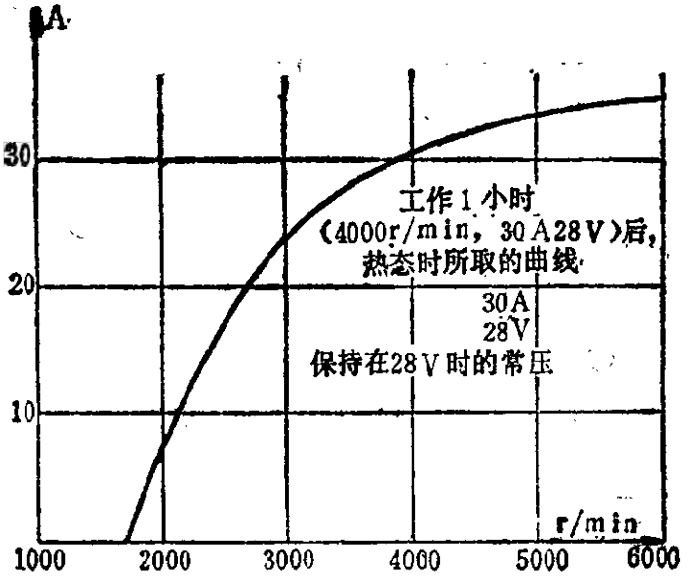


图 343　电流与转速之间的关系特性曲线(热态时)

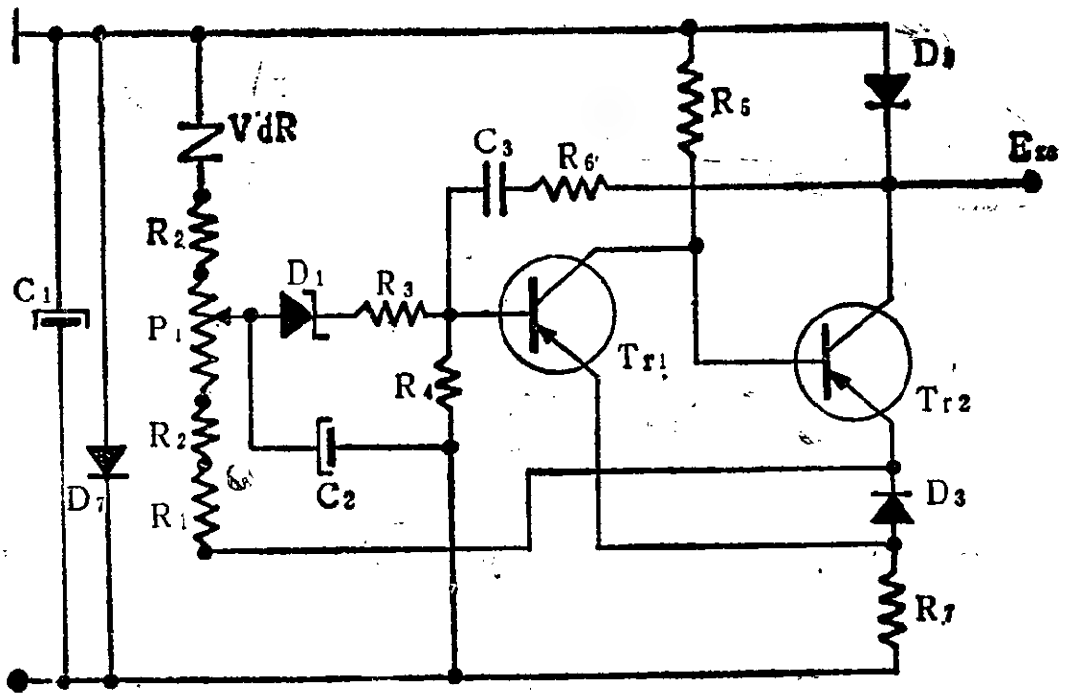


图345　ZL110 调节器线路图

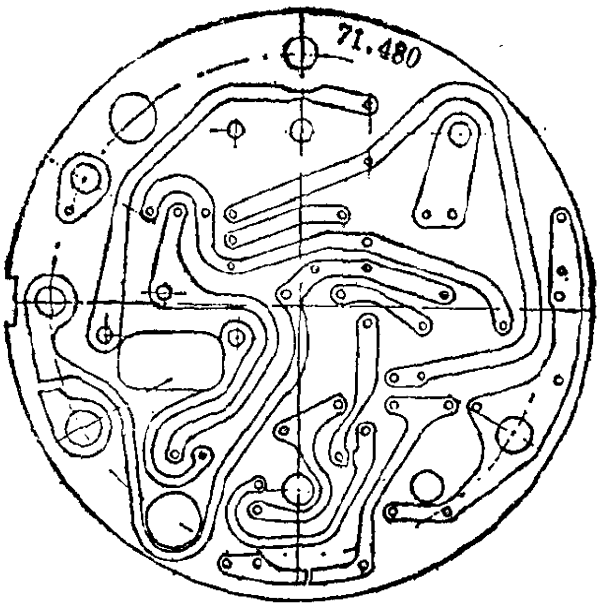


图346　调节器印刷线路绝缘板(直径11cm)

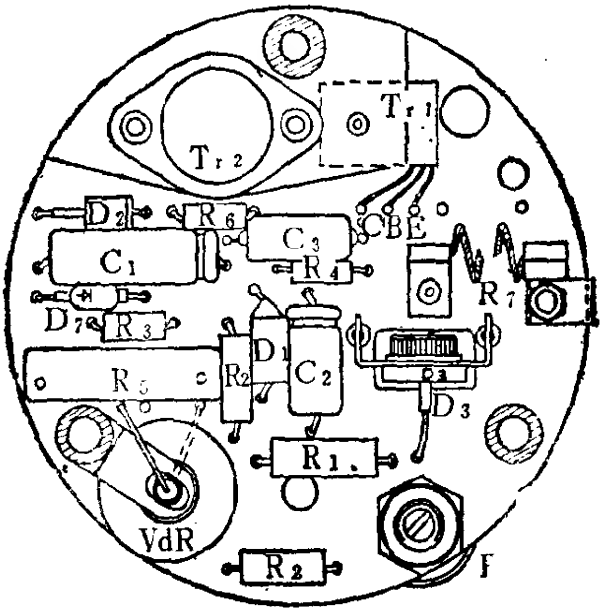


图347　调节器元件布置图

节器的电压应调为28 V 。

可在图 345 与图 347 中看到：

——两个晶体管 T_{r1} 和 T_{r2}；

——齐纳二极管 D_1；

——二极管 D_2、D_3 与 D_7；

——电容器 C_1、C_2 与 C_3；

——电阻 R_1、R_2（R_2 有两个）、R_3、R_4、R_5、R_6、R_7 与 P_1；

——热敏电阻 VdR（电阻二端电压随温度而变）。

该调节器的激磁接线柱与磁场绕组的接线柱相连（见图 342）；正接线柱与“+Reg”接线柱相连（见图 342），另外，还有一根接地连线，其工作原理见图 345，但是这里仍重复和补充说明如下几点：

当交流发电机电压低于或等于 28V 时，齐纳二极管 D_1 不导通；T_{r1} 晶体管基极不能经 R_7 与 R_3 导通；晶体管 T_{r2} 基极被 R_7-D_3-R_5 供电而使其导通，这样经 R_7 和 D_3 与激磁接线柱的电路接通，因此，磁场绕组得到供电。

当交流发电机电压高于 28V 时，由分压桥 R_1-R_2-P_1-R_2-VdR 所产生的分压为 D_1 提供足够的电压，从而导通 D_1（相当于一个安全阀）；T_{r1} 由于基极供电而使电阻 R_7-R_3 的电路通路，这样，T_{r2} 的基极被短路。T_{r2} 不再导通，切断流向激磁接线柱，即流向磁场绕组的电流。当交流发电机的电压下降到 28V 以下时，D_1 不再导通，上述过程又重新开始。

图中各元件的具体作用如下：

——D_2：磁场绕组感应电势可通过 D_2 形成回路，从而保护敏感的半导体元件。

——D_7 与 C_1：可以保护整个装置不受其它过电压（主要是交流发电机的过电压）的危害。

D_7 的作用是为过电压提供一个放电通路，C_1 的作用是为很大的电路提供一个临时存储器。

——D_3：其作用是帮助晶体管 T_{r1} 与 T_{r2} 工作转换。要

知道二极管也是一个可以变化的电阻，当通过它的电流强度降低时，其电阻值增大。因此，当 T_{r1} 开始使 T_{r2} 的基极短路时，D_3 的电阻值增大，从而使 T_{r2} 的基极电路更易切断。

——C_3 与 R_6：其作用是帮助晶体管 T_{r1} 与 T_{r2} 提高相互转换速度。要知道当电容器两端的电压是一个固定值时，因为没有电荷变动，所以电容器中无电流通过，当电压变化时由于电荷增加或减少就在电容器中通过电流。同样由于 T_{r2} 中电流的变动，在磁场绕组端上产生电压变化反过来引起在 T_{r1} 的基极上的电压在这个方向或另个方向上产生变化，这就加快了 T_{r2} 的截止。

——电容器 C_2，是一个有分离作用的电容器，其作用是保护齐纳二极管(它有些象保护继电器的电容器)。

——热敏电阻 VdR，其电阻值随温度的变化而变化。它与分压桥相串联，其作用是补偿由于温度变化而对分压桥所造成的不平衡状态(分压桥由电阻 R_1、R_2 电位计 P_1 和 R^2 与 D_3 组成)。

四十八、巴黎·罗纳电子调节器的种类及其接线

调节器的不同种类

首先说明一下表示调节器类型的符号：

Z表示电压为24V的调节器；

Y表示电压为12V的调节器；

L表示单部件调节器(仅用于交流发电机)。对于直流发电机来说，有如下两种类型的调节器：

——"双部件"调节器，其作用是调节电压、限制电流强度；其符号不用L而用S来表示。这种调节器用于电流量高于35A的大功率直流发电机，与一个和它相分离的电子截流器相连接，该电子截流器的代号为KE，它是由1～4个相并联的二极管所组成。

——"三个部件"的调节器，它的作用除调节电压与限制电流强度外，还通过二极管实现电子截流作用。这种类型的调节器适用于电流量不超过35A的直流发电机，其代号是E。

用于直流发电机上的电子调节器与大型的振动式调节器的外形尺寸是相似的(图349)，它们可以互换。交流发电机上用的调节器的体积小，因为它只包含一个部件(如图350所示的电子调节器)。使用中，ZS3型电子电压调节器的调

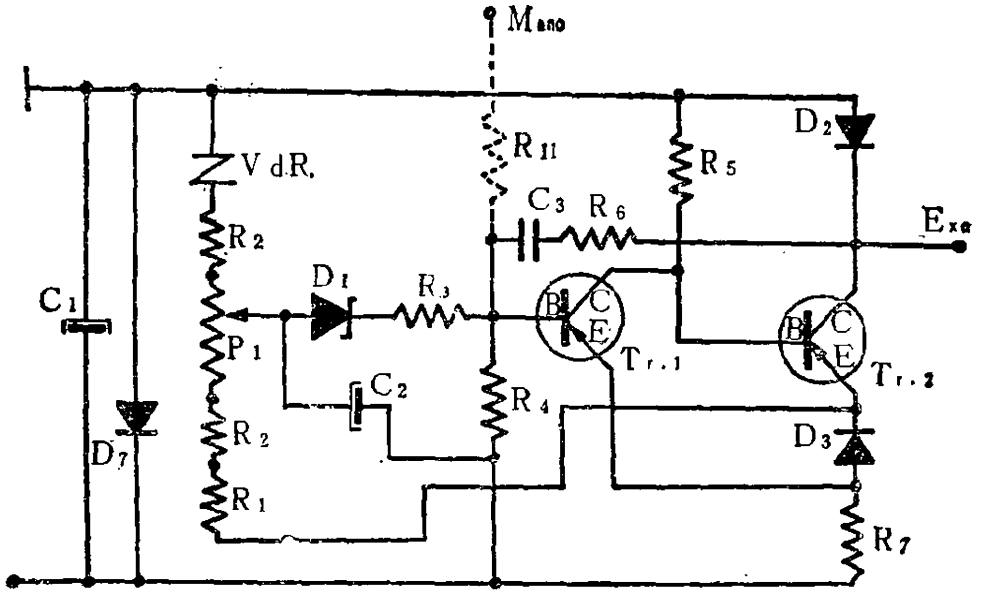


图348　巴黎·罗纳L型调节器线路图

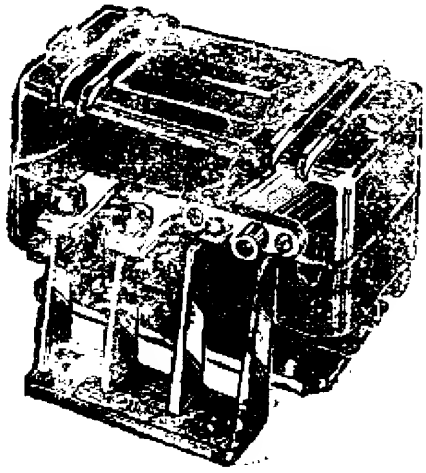


图349　直流发电机用巴黎·罗纳电子调节器

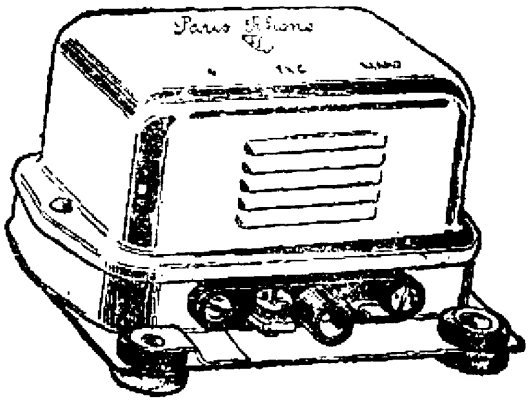


图350　交流发电机用巴黎·罗纳电子调节器

节值还考虑到电子截流器KE4的二极管所引起的1V的电压降。

下面介绍几种调节器的接线情况：

与分装L型调节器相匹配的交流发电机的接线。

如果发动机是汽油发动机，则其线路图特别简单。可以使点火钥匙开关在发动机停止工作时担负切断转子电路的作

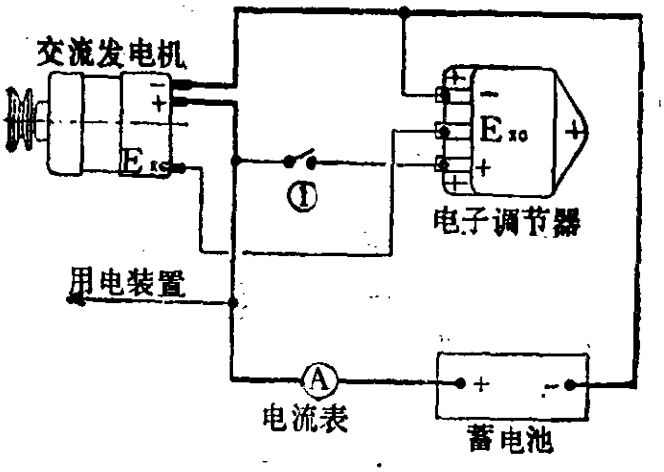


图351　带有开关钥匙 1 的接线图

用。如图 351 所示，开关钥匙代号为 1 。

如果是柴油发电机，接线情况就不一样了，因为它没有点火开关，可采用如下几种接线方法：

——接入一个油压开关，该开关或者直接切断（见图 352），或者通过一个继电器切断激磁电路。从图 352 和图 348 的接线情况，则可看到在发动机停止工作时，油压力开关的闭合，具有双重作用：一是使图 352 中的指示灯发亮，一是通过图 348 中的电阻R_{11}使齐纳二极管D_1短路。因此，T_{r1}导通，T_{r2}被切断，从而切断磁场绕组电路。需指出，指

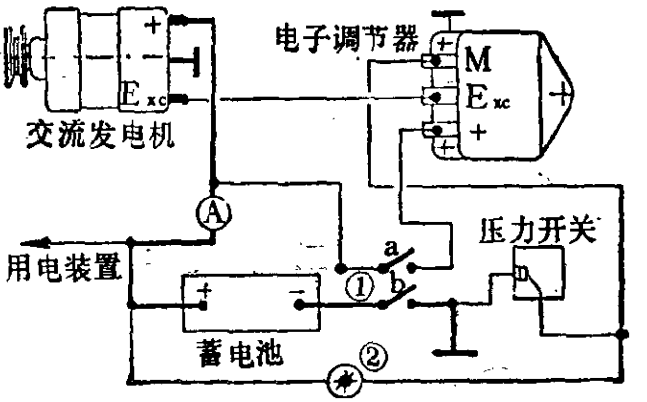


图352　带一压力开关和双开关的接线图

示灯与 T_{r1} 中的电流大大低于进入磁场绕组的电流。此外，在特殊情况下，还需接入一个蓄电池开关 1（见图 352 双开关），断开时应首先断开辅助开关 a，然后断开主开关 b，以避免出现感应电流。

——与 9 个二极管的三相交流发电机相连接，其中 6 个二极管进行主整流，3 个二极管在发动机停止工作时断开磁场绕组电路。

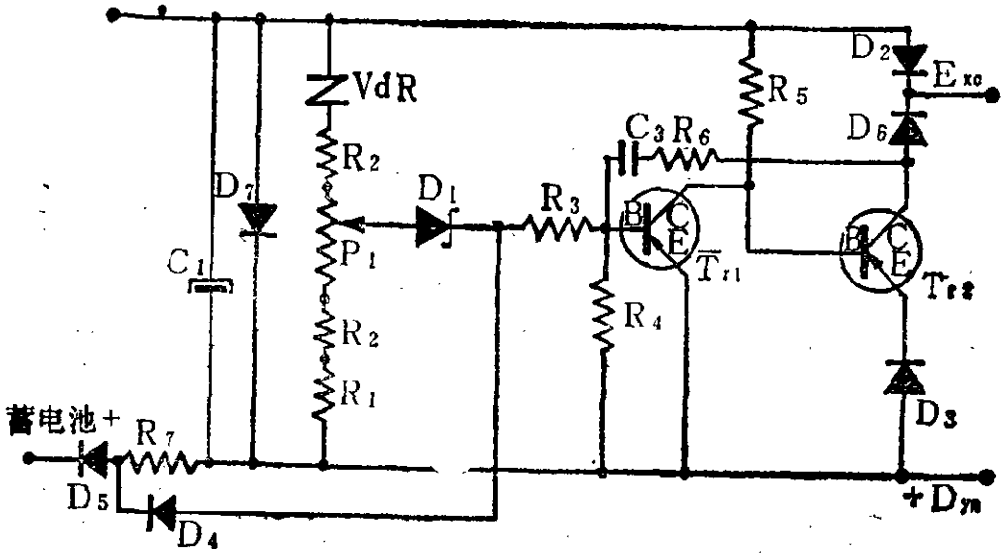


图353　巴黎·罗纳 E 型调节器线路图

与E型调节器相匹配的直流发电机的接线

E型调节器（包含有三个部件）是最复杂的。图 353 是它的电路图，与交流发电机用的 L 型调节器相比较，有如下变化：

——改变 R_7 的接线，增加二极管 D_4；

——增加二极管 D_5；

——增加二极管 D_6，其作用是避免磁场绕组感应电流进入晶体管。

前两种变化是要起到两种新的作用：

（1）调节电流强度

直流发电机的电流量经过 R_7，因此，在 R_7 的两端就会存在一个与电流强度成比例的电压。T_{r1} 的发射极——基极电路便置于该电压下，当该电压达到一定值时，二极管 D_4 是通的，T_{r1} 亦导通，T_{r2} 关闭。因此，若电流强度太大，则磁场绕组电流减小，从而降低电动势，减小电流强度。

（2）闭合与断开

这一作用由二极管 D_5 来担负，D_5 只允许电流沿蓄电池的充电方向通过，也就是只有当直流发电机的电动势高于蓄电池的电动势时，电流才能通过 D_5。

E型调节器有四个接线柱（见图 353）：+Dyn，+Bat，—Dyn 和 Exc。下面介绍两种接线法：

——图 354 所示，接有外接地与一个蓄电池；

——图 355 所示，接有两个蓄电池，它们在起动时相串联，在其它情况下相并联。

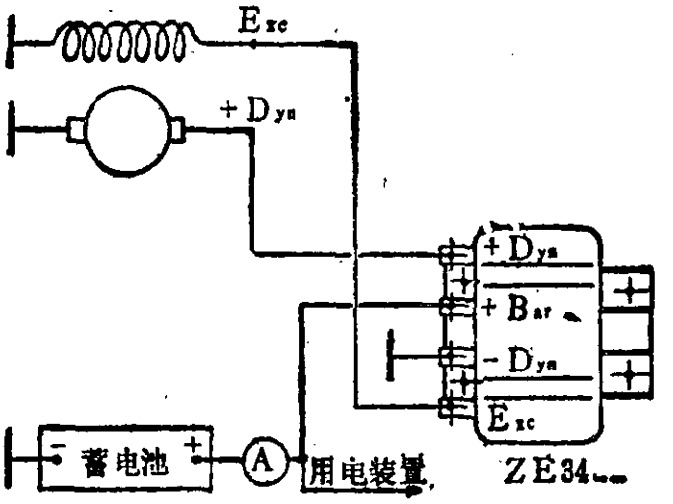


图354　用单蓄电池和匹配 E 型调节器的直流发电机的接线图

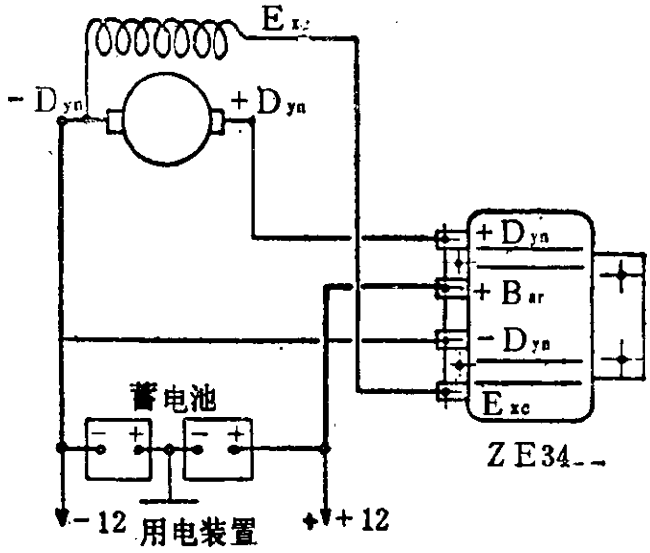


图355　用双蓄电池和匹配E型调节器的直流发电机的接线图

与S型调节器相匹配的直流发电机的接线

S型调节器象E型调节器一样有4个接线柱。但是，在S型调节器中，取消了二极管D_5，引进了一个电子截流器，调节器的4个接线柱是：+Dyn，+Conj，-Dyn和EXC；图356示出这种匹配有S型调节器的直流发电机的接线，图中仅接有一个12V的蓄电池，截流器及其并联的二极管是串接在这一电路中，即调节器的+Conj接线柱与电流表和蓄电池的正极的电路，但它不与起动机相连。截流器不接地，因为它没有电压线圈。

特性曲线

图357所示的特性曲线表示发电机电压与电流量之间的关系。在特殊情况下，即如果采用的是带有节流器的调节器的话，则特性曲线向右倾斜，B_0、C_0两点相差1V左右。对于电压调节的调节器来说，特性曲线的倾斜度几乎为0。

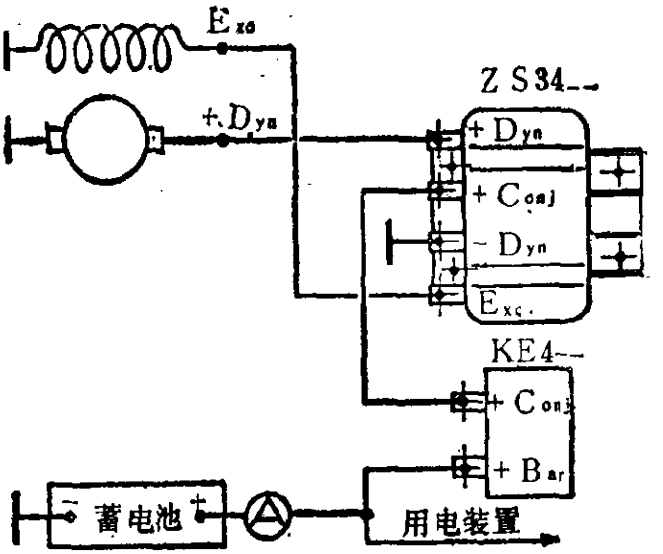


图356　匹配S型调节器和连接器的直流发电机接线图

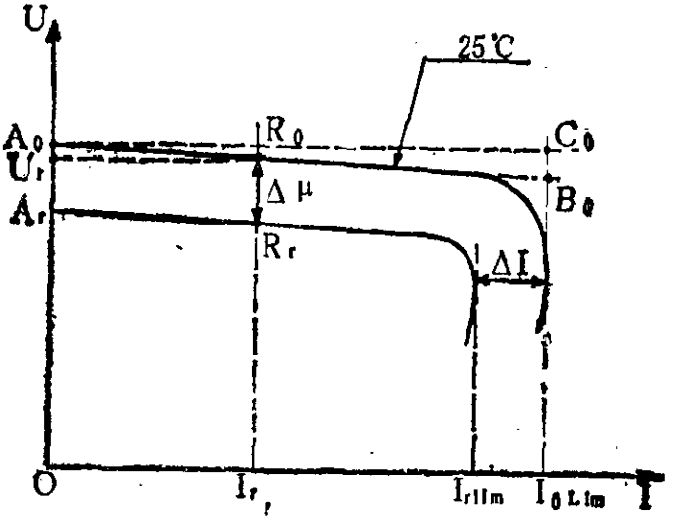


图357　匹配巴黎·罗纳电子调节器输出特性曲线

R_0表示温度为25 ℃时的调节电压，这是制造厂对每一种型号的调节器都有一定值，T_r是与R_0相应的电流强度。譬如说，如果ZL $2^{1}2$M型调节器，则$R_0=28V(\pm0.5V)$，相应的$I_r=10A(\pm5\%)$。相应的蓄电池是12个单格的(24V)。

在温度T发生变化时，调节电压与电流强度是自动进行

补偿的。图 357 上面的那条特性曲线是在温度T 为 25 ℃ 时绘制的，下面的那条特性曲线是在温度T高于25 ℃时绘制的。电压的变化 ΔV 与电流强度的变化 ΔI 可由下述公式给出：

$\Delta V=(25-T)\times K_u/10$（$K_u$代表热补偿作用，其补偿值在 0.12～0.18 V 之间）；

$\Delta I=(25-T)\times K_i/10$（$K_i$ 在 1.5～1.7 A 之间）。

这就是说，假如温度为 35 ℃，则电压下降 0.12～0.18 V，电流强度减小 1.5～1.7 A。

故　障

在对调节器没有充分了解之前，只能由制造厂来对调节器进行检查和修理。但是应按下述要求对调节值进行检查和一般性排障工作。

首先在发电机的供电电路中接入一个电流表（如果该电路中没有电流表的话），然后，检查蓄电池的充电状态和接线情况是否良好，再进行如下推论：

（1）蓄电池充电

若充电电流不大，则显然是正常的；

若充电电流大于额定值，则可能是由于下述原因造成的；

——调节器的调节电压调得过高；

——由于电路短路而引起发电机进行全磁场供电；

——输出晶体管 T_{r2} 的发射集-集电极短路；

——调节器接地不良。

为了鉴别是发电机发生了故障还是调节器发生了故障，则应将连接调节器激磁接线柱的导线断开，使发电机以中等转速旋转，如果这时电流增大，则应在试验台检查发电机；

如果电流为0，则应检查或更换调节器。

（2）蓄电池放电

如果放电电流很大，则是正常的；

如果放电电流很小或者等于0，则可能是由于下述原因造成的；

——导线连接松动；

——蓄电池发生故障；

——调节器的电压调得太低；

——调节器的晶体管 T_{r1} 短路或 T_{r2} 被切断；

——皮带太松，不能以足够的转速进行传动。

为了鉴别究竟是调节器还是发电机发生了故障，则应在检查蓄电池的连接以及总开关是否良好，使发电机以中等转速进行旋转，如果这时充电电流增大，则需检查或更换调节器；如果这时充电电流很小或者等于0，则需检查发电机。

注 意 事 项

直流发电机的调节器：

连接与拆卸电子调节器都应在发动机停止工作，蓄电池被断开或与电路隔离的情况下进行。在重新安装调节器，直流发电机或者蓄电池时，应检查线路图是否正确，磁场绕组的电阻值是否符合制造厂所规定的参数。

上述任何操作发生错误，都会造成调节器的报废。

当直流发电机退磁之后，则只能采取正确方法重新充磁：首先使发动机停止工作，然后将+Dyn接线柱与蓄电池正极相连，但时间要短，其它任何充磁方法都可能引起调节器的损坏。在这一点上，交流发电机是不成问题的。

交流发电机的调节器：

不要忘记：

——任何接线错误都会引起调节器与整流器的迅速损坏；

——严禁在未接通蓄电池的情况下，使交流发电机旋转；

当调节器接通后，严禁将激磁接线柱与“+”接线柱或者接地接线柱相接。

四十九、巴黎·罗纳ZL1和ZL2型内装式电子调节器

关于ZL1与ZL2型内装式电子调节器，现提供三个图表。

——图358是ZL1与ZL2型调节器的电子线路图。与第四十七章图345相比较，其特点是该线路图中采用的不是VDR电阻(其电阻值取决于电压)，而是CTN电阻(它是负温度系数的)。D_1是齐纳二极管。图中所注的"mano"符号表示可在这两种型号的调节器中接入一个压力开关。

——图359是ZL1与ZL2型调节器的元件图。与第四十七章图346和图347相比较，该图中的元件及其代号与图

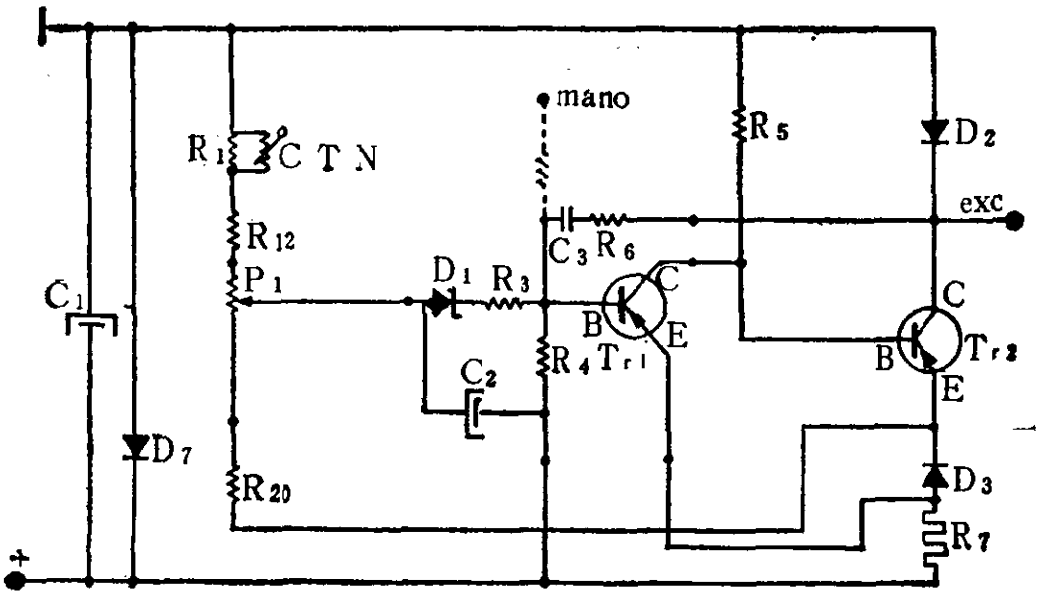


图358　ZL1与ZL2型电子调节器电路图

347 相一致，只是分布情况稍有不同。

——下表表示ZL1 与 ZL2 型调节器各元件的代号、名称及其特性参数：

各元件的代号、名称及其特性参数：

代　号	名　称	特性参数
C_1	电解质电容器	47μF/50V
C_2	电解质电容器	25μF/25V
C_3	聚脂薄膜电容器	0.1μF/160V
P_1	调节电位计	100Ω
R_{12}～R_{20}	炭质电阻	1W
R_1～R_3,	炭质电阻	1/2W
R_4～R_6		
R_5	线绕电阻	10W·150Ω
R_7	铜镍合金电阻	0.1Ω
D_1	齐纳二极管	代号12V-1W
D_2	二 极 管	1A/100V
D_3	二 极 管	3A/50V
D_7	二 极 管	0.3A/50V
TR_1	PNP型晶体管	
TR_2	PNP型晶体管	
C. T. N	热敏电阻	130Ω

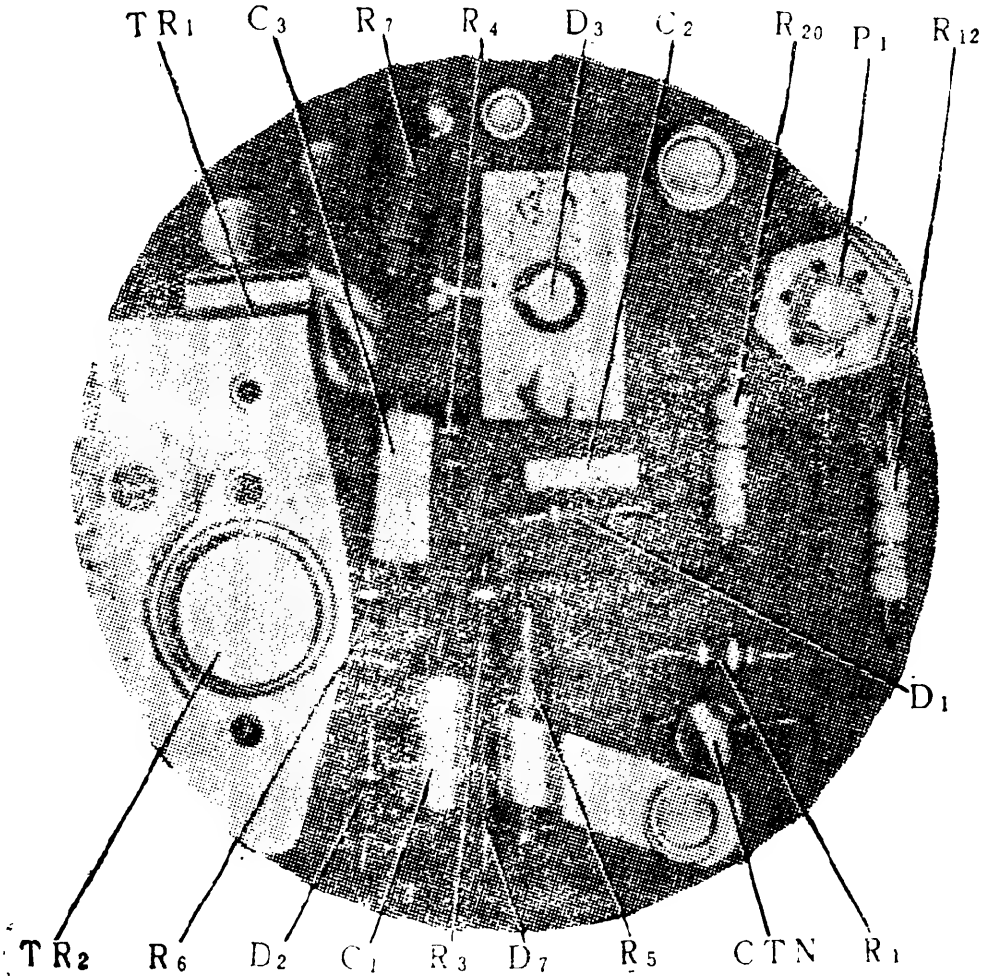


图359　ZL1 和 ZL2 调节器组件图

五十、巴黎·罗纳带隔离二极管的A13M型交流发电机

交流发电机及其特性参数

图360是A13M型交流发电机外形图，从图中可看到它的皮带轮、风扇及固定板；图362中可看到与滚动轴承和驱动端盖相连的转子，围住激磁线圈的爪极，两个滑环和轴与后端盖相连的滚动轴承。图361所示的后端盖，它支撑隔离二极管和两个整流二极管，“+”接线柱，“L”接线柱，激磁接线柱(从图365中可看到这些接线柱)以及刷架罩。该刷架罩被挡板封闭，因而可使交流发电机在满灰尘的空气中工作。

图360　A13M型交流发电机外形图

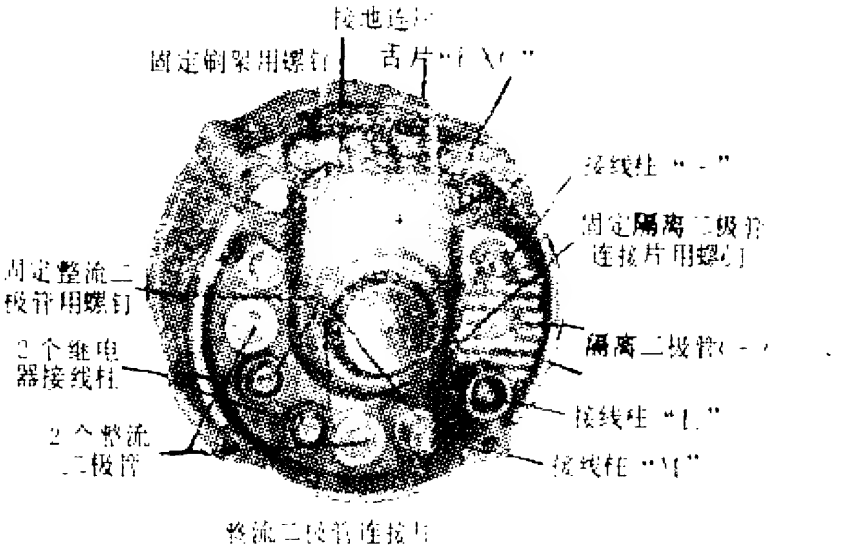


图361 A13M交流发电机后端盖图

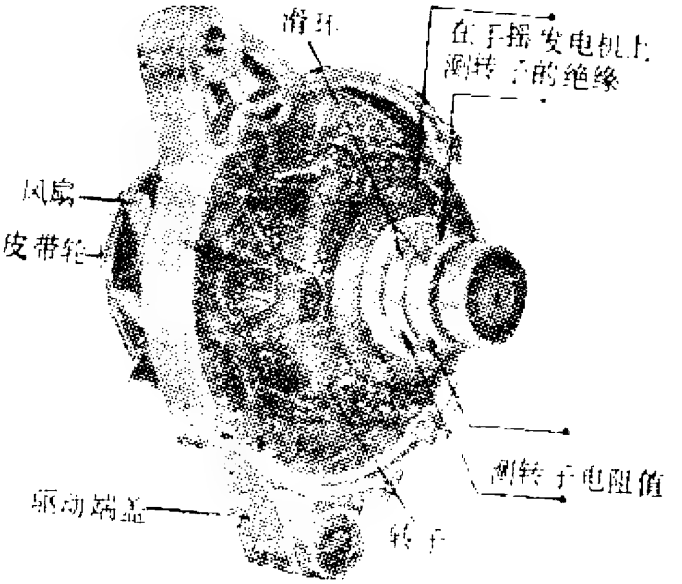


图362 A13M型交流发电机转子和驱动端盖

图 363 是这种交流发电机的外形尺寸图。主要电气特性参数如下：

相应的蓄电池额定电压： 12V，

额定电流强度：28A（参看图 364 特性曲线）；

转速为 1600 r/min 时的电流量， 10A左右；

怠速时的电流量：2～4A；

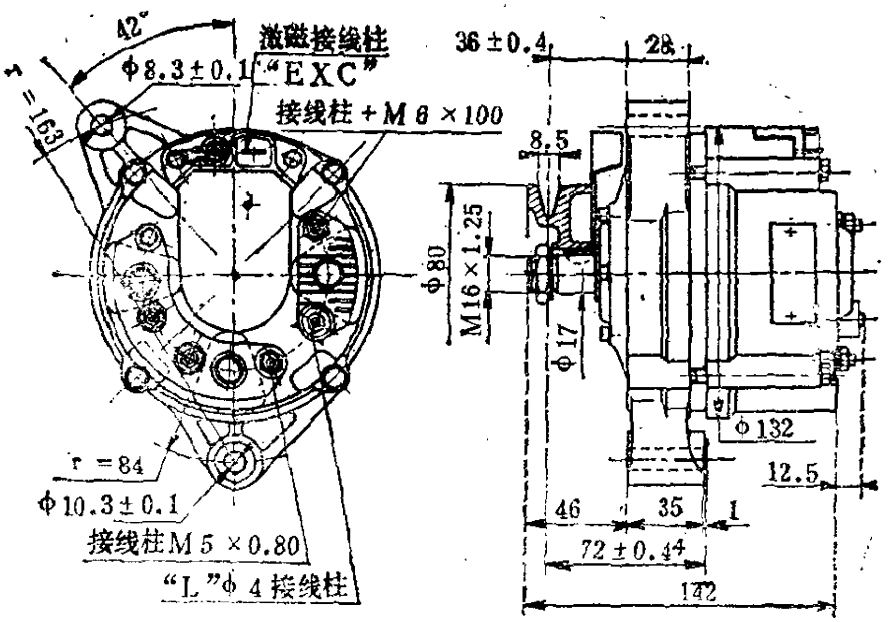


图363　A13M型交流发电机外型尺寸图

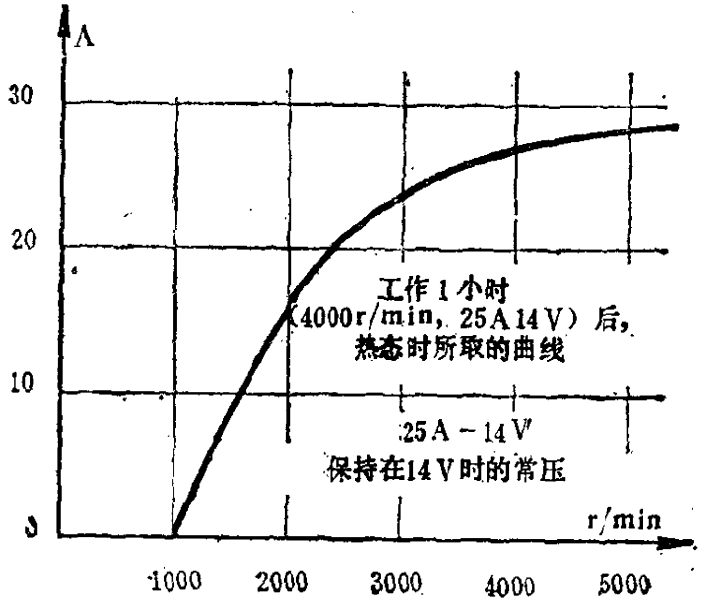


图364　输出特性曲线

转子的最大转速：12 000 r/min。

电　路　图

图365是这种交流发电机的电路图。图中可看到发电机

的三个接线柱的接线情况：＋接线柱与蓄电池相连；L接线柱也是＋接线柱，与调节器的 Bo5 接线柱相连，即等于和调节器的线圈以及振动簧片部分的上触点相连；L接线柱还与充电指示灯和一个电容器相连。

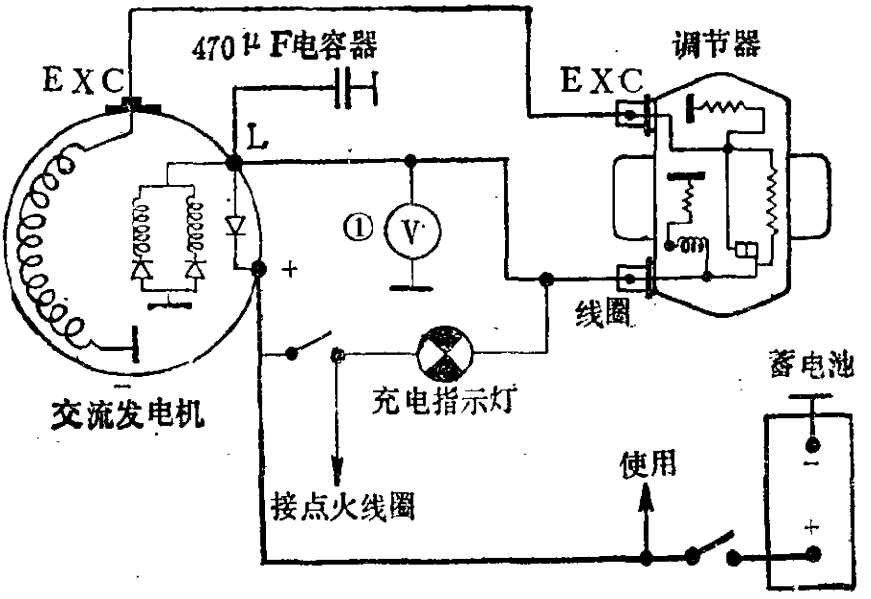


图365　电路图

该电路图表示电枢有两个绕组，其公共点与隔离二极管相连，两个绕组的另一端各通过一个整流二极管接地。绝缘二极管有红色标记，其壳体是其正极。整流二极管有黑色标记，其壳体接地，为负极。

根据该电路图可以看到：

——＋接线柱的电压是整流电压，该电压是由定子绕组发出的半波电压相并组成的。隔离二极管在交流发电机停止工作时，阻止蓄电池电流反馈到绕组中去。

——L接线柱所提供的电压也是整流电压，但由于隔离二极管的缘故，该电压稍高于＋接线柱的电压。

——当点火开关使线圈处于电压下时，交流发电机能够

充电之前，蓄电池能够通过指示灯、调节器触头、激磁接线柱与接地反馈所组成的电路为磁场绕组供电，从而可使交流发电机很容易发电。如果没有指示灯，或者指示灯发生故障，则不能有这样的效果；只有当它以一定的高转速进行旋转时，才能自激发电。需要指出的是，如果发动机在没有切断点火的情况下停止工作，那么接通指示灯的电路，这样，电流消耗是不会很大的。

充电指示灯

A13M交流发电机中安装有隔离二极管，所以可接入充电指示灯。其工作原理如下：

——24～30V，470μF的电容器接在L接线柱与接地之间，其主导作用是保证充电指示灯能以正常亮度发亮。因为，必须考虑到交流发电机发出的电压波动很大。单相交流发电机的两个绕组为其公共点提供的电压总是同一方向。但每个脉冲波形都有使电压处于0的时候，这种形式的电压就不能与蓄电池电压相平衡，这是由于蓄电池是稳定的电压而交流发电机给出的是脉冲电压。因而，不采取专门措施的话，则会使指示灯总是处于闪烁状态。

——与绕组相并联的电容器的作用是通过放电与充电来稳定电压。由于具有稳定的电压，因而在一定的转速下就与蓄电池的电压保持平衡，使指示灯熄灭，表示交流发电机开始工作，蓄电池开始充电。

电容器不接地那一端有接地现象，因为灯泡仍由蓄电池供电，并通过这个偶然的通道而接地使指示灯亮，这种状态说明发电机不能正常工作。

——指示灯的电压为24V，功率为3W，尽管蓄电池的

电压只有 12V。这个电位可以保证指示灯有一个很长的使用寿命，且能以正常亮度发亮，而不致过早地被烧坏。这样一来就可避免前面所指出的交流发电机激磁不良而不能早发电的现象。

调 节 器

没有节流，因为交流发电机能自身限流。A13M型交流发电机采用的是触头振动式调节器，如图366所示，它是单级的，也就是说，磁场绕阻经触头接通交流发电机的电压，当调节器的触头分开时，通过调节电阻接通交流发电机电压。

图366 调节器的外型图

1. 调节螺钉；2. 减小间隙；3. 增大固定触点的间隙；4. 铁芯间间隙；5. 调节器弹簧；6. 调节器凸缘；7. 固定凸缘用螺钉

带安全保险丝的A13M 3型交流发电机

这种交流发电机安装在法国“别儒504～404”型汽车上。与A13M型交流发电机相比较，这种交流发电机的区别在

于取消了隔离二极管，增加了安全保险丝。它所匹配的调节器是AYA21型调节器，其电路图与A13M型交流发电机的调节器电路图相同。图367是A13M 3型交流发电机的接线图，可将其与图365相比较。

在A13M3型交流发电机绕组与蓄电池之间只有一个二极管阻止电流反馈，而在带隔离二极管的A13M型交流发电机和所有的三相交流发电机中，总是有两个相串联的二极管阻止电流反馈，从而起到双重保护作用。为了使A13M3型交流发电机也具有这种双重保护，所以在每一个二极管上串联一根保险丝，其基本作用是当与它相串联的二极管短路时，就会熔化掉。上述保险丝在图367中未标出来。

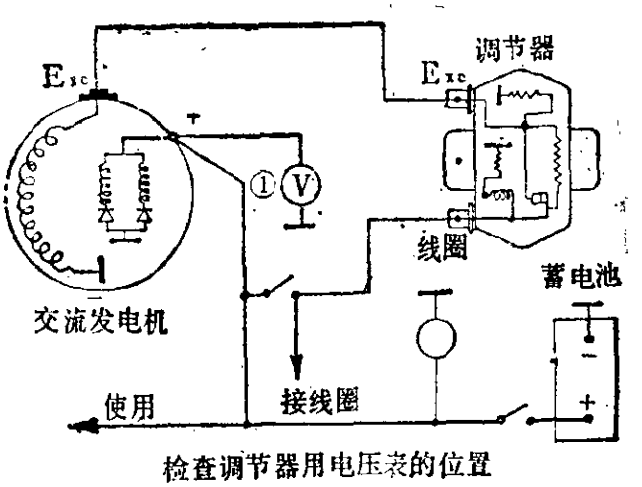


图367　A13M3型交流发电机的安装线路图

五十一、巴黎·罗纳新的一代交流发电机和调节器

二极管的工艺

“按钮式”二极管逐渐取代“压入式”二极管，以便使整流桥更紧凑。图368自左至右所示：一个完整的“压入式”二极管，一个“压入式”二极管的剖面，二个“按钮式”二极管。“压入式”二极管是用力压装在支架上的。“按钮式”二极管是焊接在用钢板或铝板制成的冷却片上的，或焊接在挤压成型的铝质冷却片上的。巴黎·罗纳公司用的是钢板或铝板制成的冷却片。在单相交流发电机中可以看到这种“按钮式”

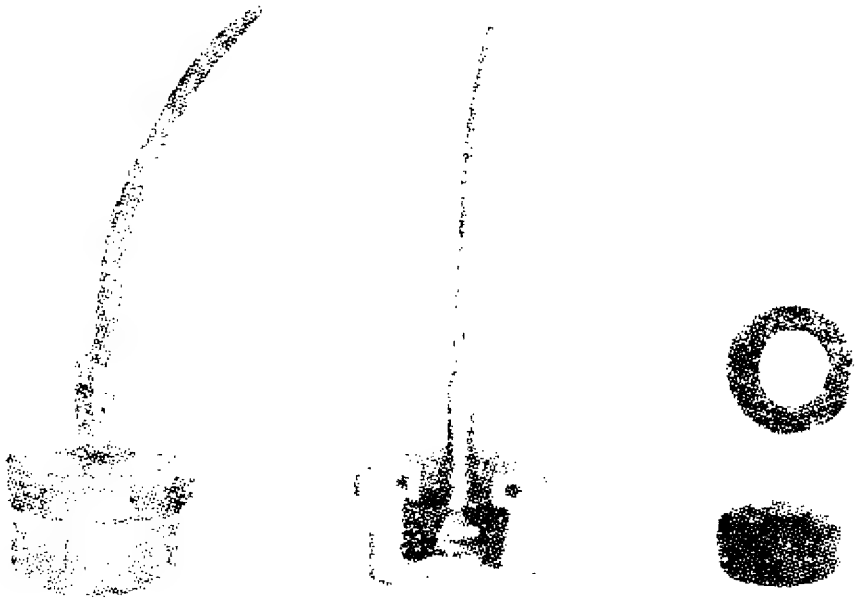
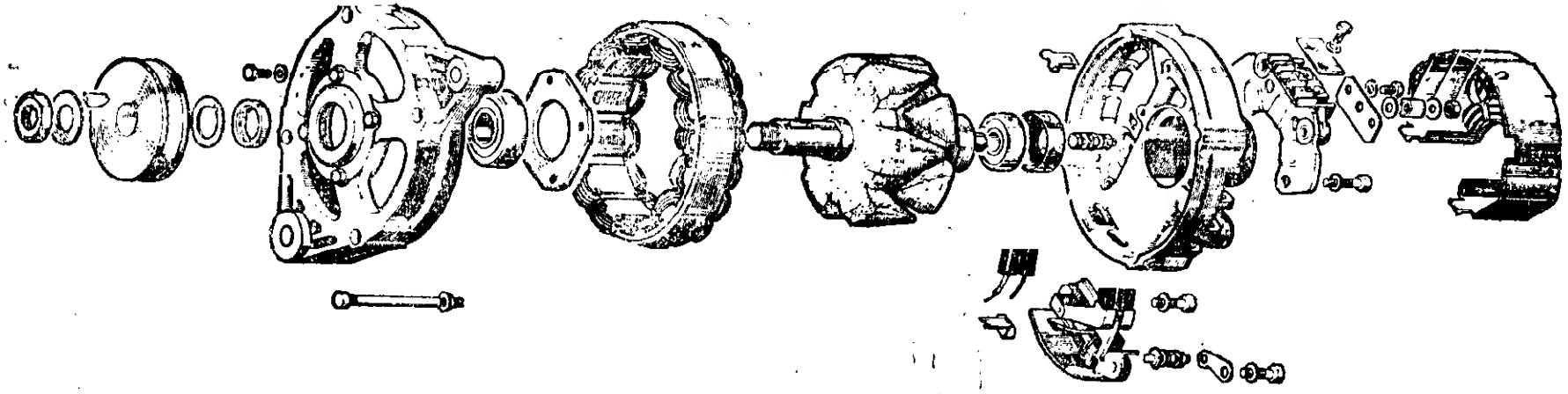


图368 “压入式”二极管和“按钮式”二极管



“雪铁龙GS”汽车用A12M5单相交流发电机分解图

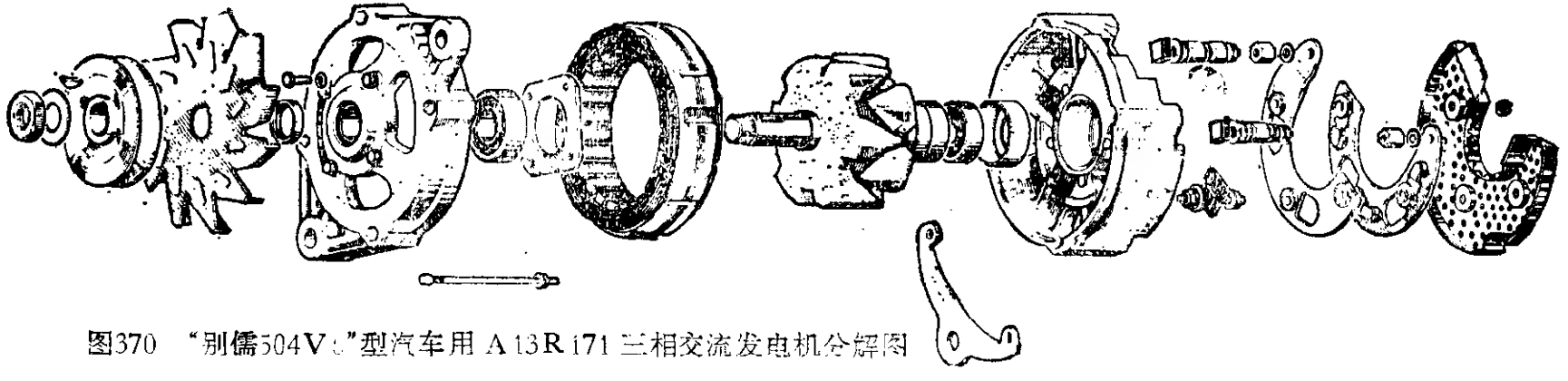


图370 “别儒504V6”型汽车用A13R171三相交流发电机分解图

二极管。例如：安装在“雪铁龙GS”型汽车上的12M5型交流发电机上有两个，安装在“克莱斯勒”型汽车上的A12M1型交流发电机上有三个（两个整流二极管与一个隔离二极管），还可在三相交流发电机，例如安装在“别儒”504V6型汽车上的A12R或A13R171型三相交流发电机上看到这种二极管。“按钮式”二极管目前只用于最大电流强度不超过55～60A的交流发电机上。因此，A14RP10型交流发电机仍采用“压入式”二极管（见图371），因为它的电流强度为60A。

图 371　匹配内装式电子调节器的 A14RP10三相交流发电机

某些交流发电机上配备有为磁场绕组电路整流的专门二极管。从图371中可以看到三个激磁二极管，它们比同类型交流发电机上的“压入式”二极管(它们安装在冷却片上)小得多，因此，它们只允许约2A的电流通过。

加大功率

A13型交流发电机，其定子直径只有127mm，因此，很

难提供出 55A的电流量，并且保证低速时所需的电流，而在汽车上所需能量却在不断增加，例如上面所列举的那些汽车中，已出现一些耗电很大的装置，如空调设备、卤素灯、后窗除霜等等。因此，就需要增大交流发电机定子的直径，使它能提供70A或80A甚至更大的电流，并能在低速时提供10A或20A的电流。为此，A14R型交流发电机的定子直径便增大为136mm。

为了使这种交流发电机获得最佳功率，有时需要有3.8Ω的磁场绕组电阻。这样一来，在目前技术条件下，就需在交流发电机外部，或在交流发电机内部安装电子调节器。

调节器

振动式调节器一直被使用。所以图369与图370所示的交流发电机仍采用分装的振动调节器(图369所示的交流发电机采用的调节器是单级调节器。图370所示交流发电机所采用的调节器是双级调节器)。

电子技术在不断发展，从而允许调节器不断小型化。主要是因为：

——具有高放大系数的复合型晶体管的发展。这种晶体管成双地一起工作，取代比它尺寸大得多的单个的晶体管。图375与图376中的晶体管T_2与T_3代表这种功率三极管，比老式调节器中的功率三极管小得多，其发射极-基极电路是串联的。图375与图376中的虚线部分表示它们是一个整体。

——经常采用陶瓷基板来代替印刷电路板；

——通过喷砂或激光来自动调整电阻值。

调节器在交流发电机上的位置——调节器可以安装在交流发电机内，称为内装式调节器，但也可不安装在交流发电

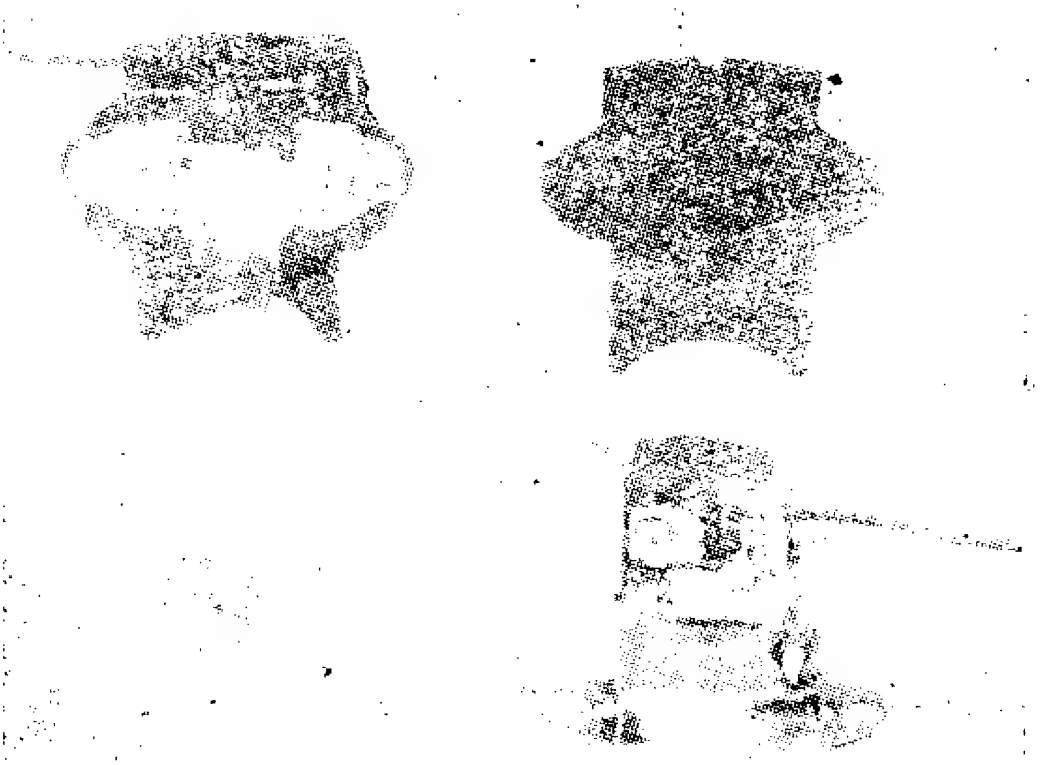


图372　带电刷架的内装式电子调节器的分解外观图

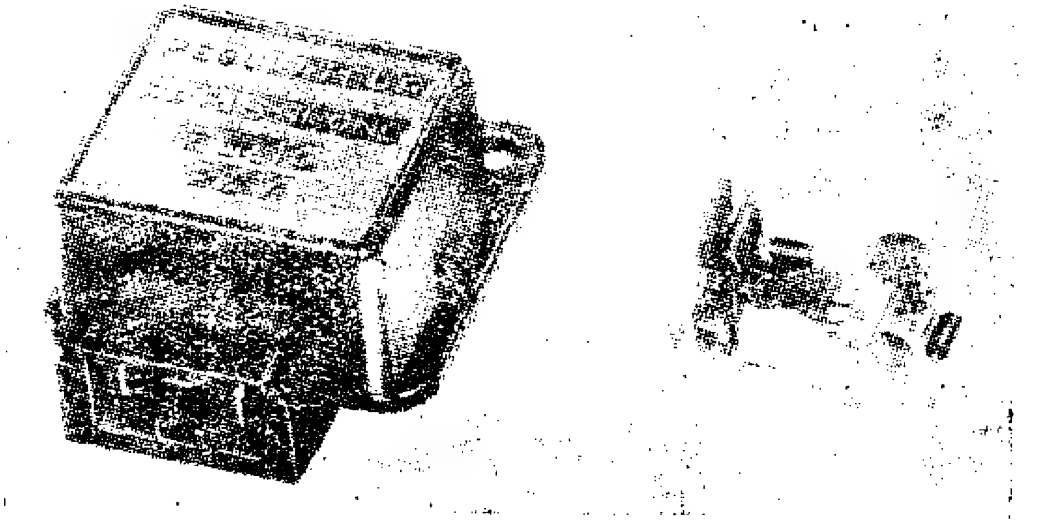


图373　非内装式电子调节器

机内，图 369 与图 370 所示的就是交流发电机的调节器是分装振动式调节器，而图 371 中的调节器是内装式调节器（黑盒）。图 372 所示体积非常小的电子调节器这安装在刷 架 上

的。图373所示的电子调节器是分装式调节器。从图373中看到，调节器前面接有三根导线，从左至右是："+"、"—"与激磁。

调节器与磁场绕组的连接位置——电子调节器的结构根据它在定子与转子连线中的不同位置而不相同。因此，可以看到，能够接在磁场绕组电路的始部和末部。在接线中要分辨清楚接地极性，与相应的电枢相连的磁场绕组的极性以及调节器在磁场绕组电路中的位置。在法国，总是负极接地，但电枢及磁场绕组直接相连的导线可以是正极，也可以是负极。

图374代表有三根接线柱(+、激磁和接地)的调节器，其中线路I是"公共接地"的线路II是"公共正极"。从理论上来看，线路图I的危险更大，因为，如果调节器接地不对，全造成短路，发电机电压失去控制，引起调节器损坏，而在线路图II中，磁场绕组可以起到保护作用。但这是相对而言的，因为这种保护作用可以用一种特殊装置，也可以由调节器结构本身起保护作用。

结构——调节器的结构主要由它与磁场绕组的连接位置来确定。在某种意义上来说，晶体管的控制是取决于加在它的基极上的电压。如果线路是"公共接地"，则电压方向从发

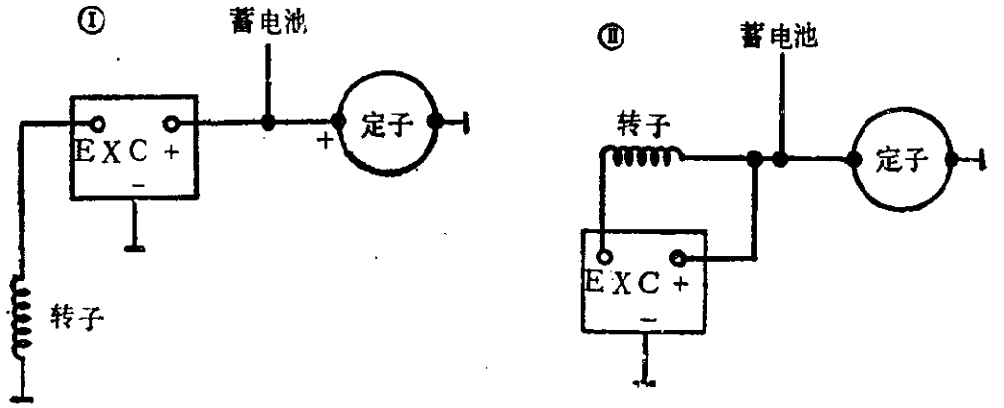


图374　调节器接在磁场绕组的两个连接位置

射极到基极与 PNP 晶体管相适应；如果是“公共正极”，则与 NPN 晶体管相适应。

在图 375 中，接入的是 PNP 晶体管，分装用的调节器有一个激磁接线柱。它的线路是传统的。T_2与T_3是复合管，成为一个功率三极管，可在该线路图中清楚地看到。

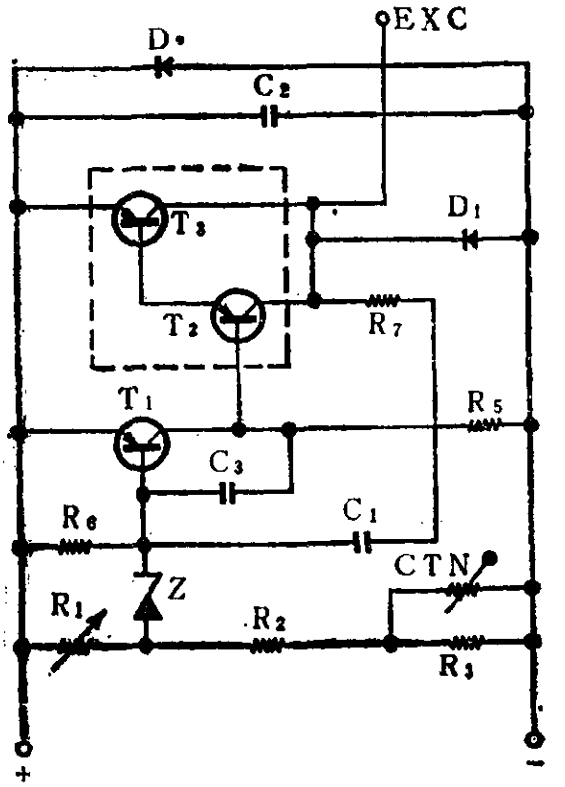


图375　带 PNP 晶体三极管分装式调节器的电路图

——控制齐纳二极管的电位计 R_1-R_2-R_3。R_1 是调节电阻，CTN 是用温度系数为负的调节电阻。

——R_7 与 C_1 组成反馈电路。该反馈电路提高了控制晶体管 T_1 和功率晶体管T_2-T_3 的开关速度。

——二极管 D_1，其作用是允许磁场绕组线圈的感应电流通过。

——D_2 与 C_2，其作用是吸收危险的电压峰值。

按调节器的一般工作原理，当电压足够大时，T_1 的基

极通过Z导通；T_1通过R_5导通，使T_2基极的电压升高，于是T_2不再导通，T_3亦不导通，激磁电流被切断……

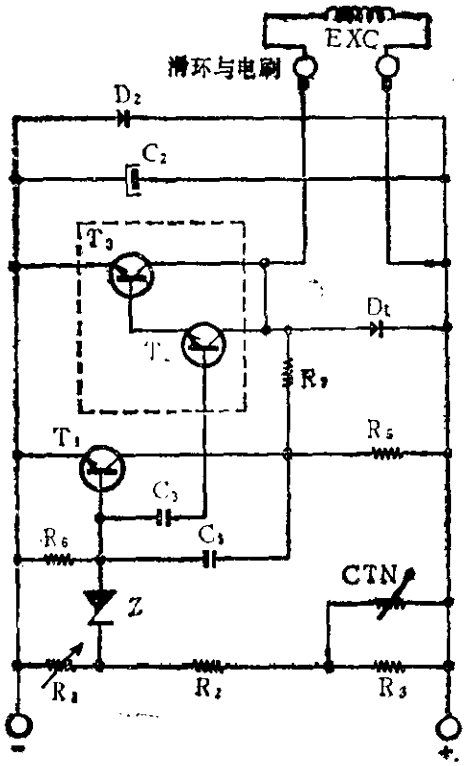


图376 安装在交流发电机刷架上匹配有NPN的电子调节器的电路图

电路图376表示的是安装在交流发电机刷架上的24V调节器(它是内装式调节器)，其激磁接线柱是绝缘的。晶体管的基极电压高于接地电压，因而所用的晶体管是NPN型的。其它元件与图375中的相同，其工作原理也一样。

提高使用寿命

提高使用寿命对于重型汽车来说尤为重要，A16R系列交流发电机的使用寿命可达到5000h，最小行驶里程达到300 000km。

能达到上述使用寿命主要是改进了A16R系列的交流发电机的部件：

一是电刷与滑环，二是滚珠轴承。一方面是加强交流发电机的机械结构，用了加大尺寸的滚珠轴承，并使前后二轴承的负荷分配更为合理；另一方面，更换电刷更加方便了，因为更换时不需拆卸交流发电机(见图372)。为了减少滑环的磨损，对滑环的材料进行了选择。电刷与滑环是处在一个半封闭的空室中以求防尘。

主要特性参数

——蓄电池额定电压：24V；

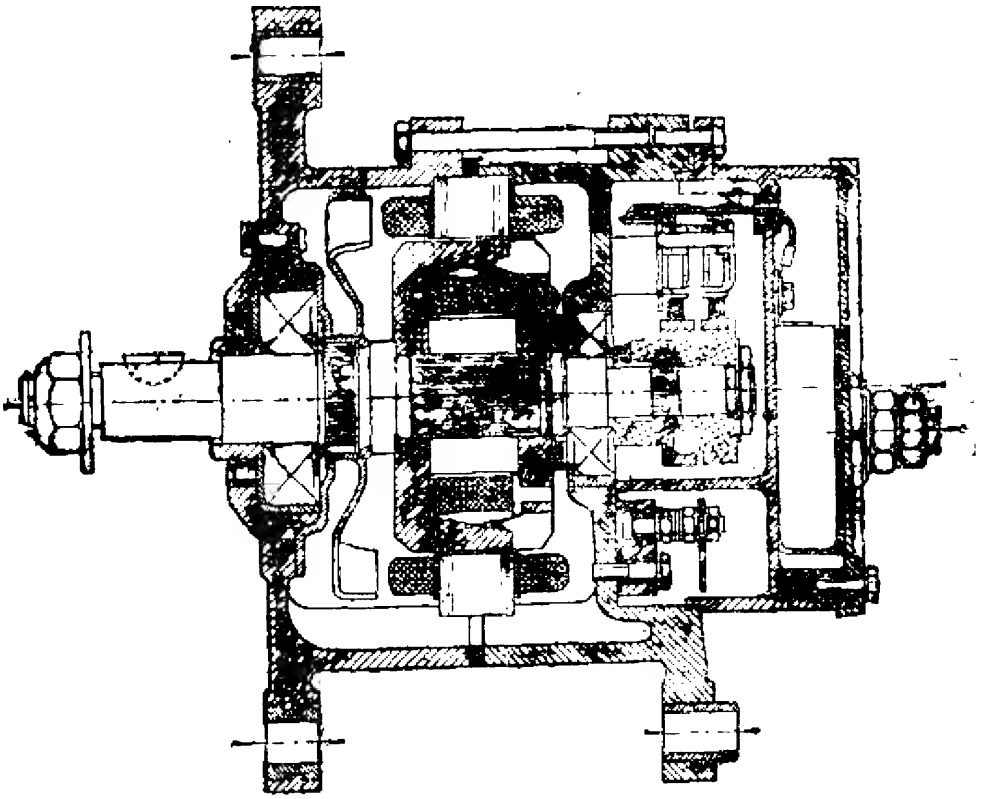


图377　A13R交流发电机剖面图

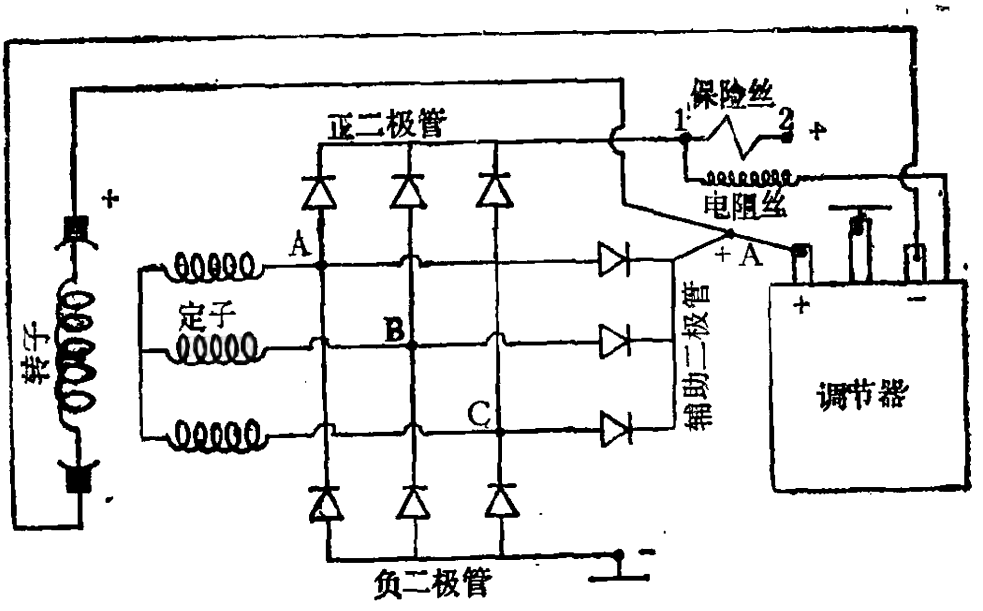


图378　A13R交流发电机一般原理图

——交流发电机用挂脚安装，密封式，伸出轴端的尺寸为 22.19mm.

——旋转方向(从驱动端看)顺时针；

——温度为20℃时的磁场绕组电路的电阻值： 20Ω;

——额定电流强度：转速达到约为 4000 r/min时为20 A (热态)

——电压为 28V 时的起始导电转速：1180 r/min 左右(热态)；

——最大转速：7500 r/min。

出售的完整交流发电机不带双槽皮带轮，但带有内装式调节器。

图 378 是交流发电机的一般原理图。图中可看到如下主要元件：正、负整流二极管、三个辅助激磁二极管、保险丝、电阻丝，其作用是用蓄电池电压对交流发电机激磁。

五十二、普雷斯托利特(PRESTOLITE)交流发电机

交流发电机

普雷斯托利特交流发电机有好几种型号，其中 P51-4 型的电压为12V，电流为 55A，P51-5型的电压为 12V．电流为 40A。图 379 是 P51-4 型交流发电机的外观图，其直径为 278mm。此外，还有一些船用交流发电机的型号。

图 380 是适用于汽车的 P51-4型交流发电机的分解图，图 381 是船用的 P51-4 型交流发电机的分解图。

上述两种交流发电机的主要区别在于磁场绕组的滑环与转子的连接方式不同。在图 380 中转子的滑环靠近爪极端；

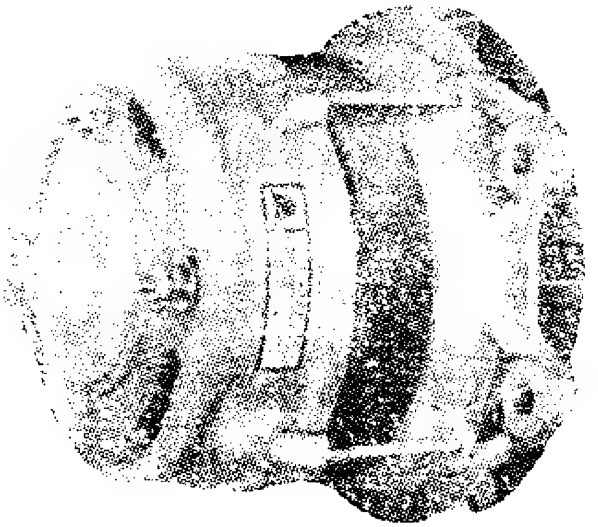


图379　普雷斯托利特 P51-4 型交流发电机

图380　P51-4交流发电机分解图

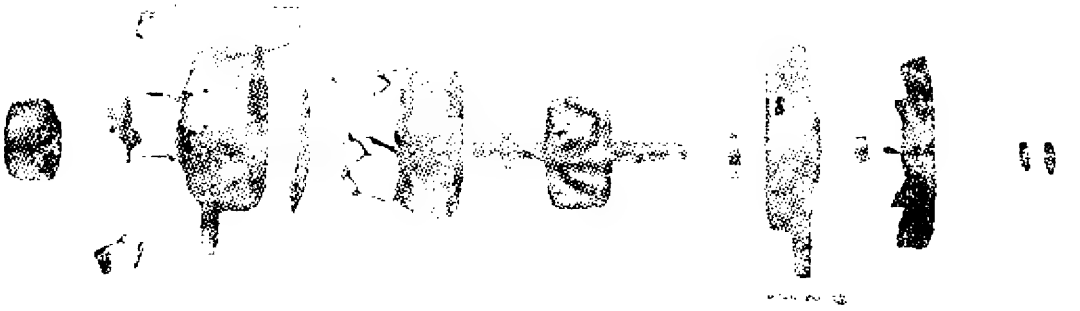


图381　船用交流发电机分解图

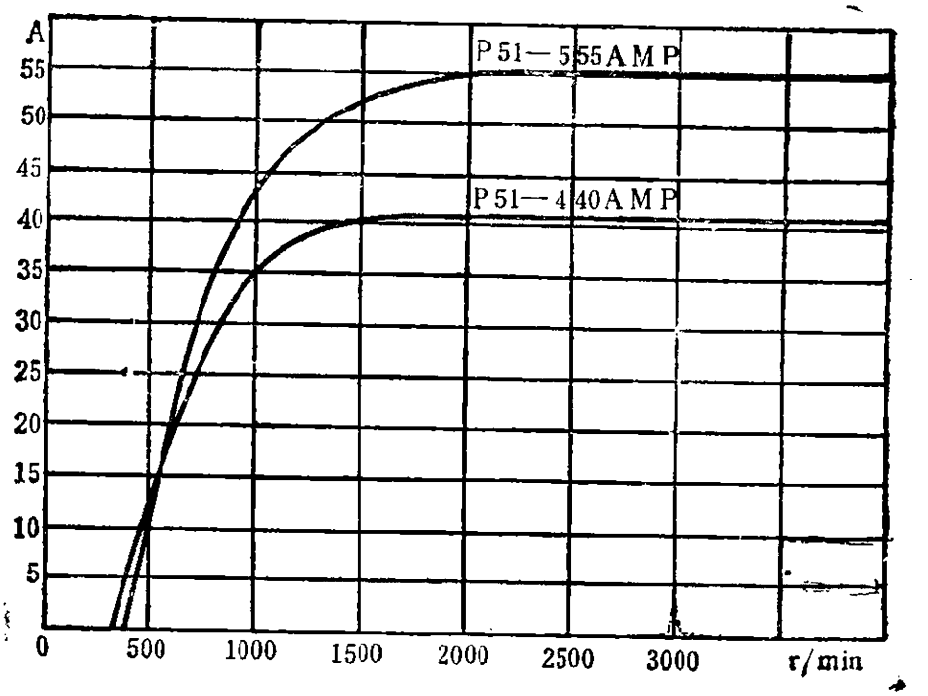


图382　P51-4和P51-5交流发电机特性曲线图

而在图381中，滑环位于转子轴的端部上，也就是说位于端盖的外部，带有防护罩的刷架亦位于端盖的外部。这样一来，就可保护滑环与电刷的接触点不致在海洋空气中遭到侵蚀，因为风扇的通风是经过交流发电机的内部的。

图382中的两条特性曲线分别表示P51-4型与P51-5型交流发电机在各种发动机转速下的额定电流，其传动比为2.45/1。如果一般规定发动机的怠速速度是500 r/min，则可看到小于 500r/min 时亦有电流产生。

接　线

交流发电机的机械安装是非常简单的。它是借助一个对大部分汽车来说都适用的专用支架来进行的。图383就是这

图383　交流发电机支架样品图

种专用支架的一种样品。皮带张力与直流发电机的皮带张力相同。

普雷斯托利特交流发电机匹配的是专门振动式调节器。图 384 是其接线图，可从图中看到如下接线柱：

——接线柱 A，与交流发电机的定子相连；

——接线柱 F，与磁场绕组相连；

——接线柱 I，与点火开关导线相连；

——接线柱 B，与蓄电池导线相连。

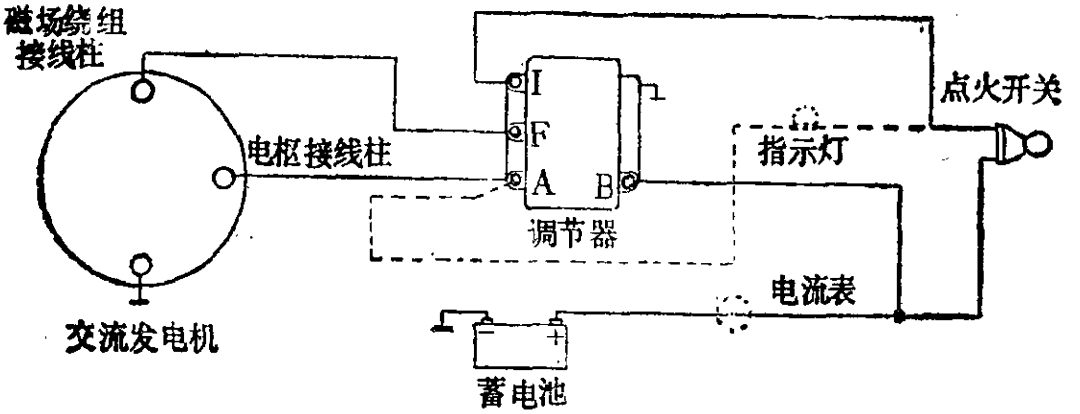


图384 接线图

电流只有当点火开关闭合时才能从蓄电池送到磁场绕组中去。定子是由整流二极管进行保护的。当点火开关闭合时指示灯(假如有)发亮，当交流发电机充电时则指示灯熄灭。调节器中有一个安全装置阻止蓄电池意外地向交流发电机放电。

假定在一台汽车上用交流发电机及其调节器去替换安装在该汽车上的直流发电机及其调节器与开关，则其接线法与直流发电机的接线法完全相同，具体接线法如下：

交流发电机的接线——将连接直流发电机的粗导线接在交流发电机的充电接线柱上；将连接直流发电机磁场绕组的细导线接在交流发电机的转子接线柱上。将直流发电机的接

地电缆(如果有接地电缆)接到交流发电机的接地接线柱上。

调节器的接线——将来自直流发电机的导线接在交流发电机调节器的A接线柱上；将直流发电机调节器上的连接磁场绕组接线柱的导线接到交流发电机调节器的F接线柱上。将来自蓄电池的导线与B接线柱相连。接地连接同上。交流发电机及其调节器都应接好接地连线。指示灯导线应接到已与交流发电机导线相连的A接线柱上。I接线柱应与来自点火开关的导线相连，以便使电流只能在点火开关闭合时才能通过它。

接线检查——为了检查全部接线是否正确，需使发动机运转，转速约达1000 r/min。然后观察电表或指示灯。如无异常，则停止运转发动机，使蓄电池以15A～25A的电流强度放电10min,之后，再按上述操作方法重新进行一次。如有充电信号显示，则无需要进行检查，如无充电信号显示，则需按如下方法作进一步检查。将蓄电池放电的目的是为了造成有充电电流的可能。

故障检查

二极管——首先按图385那样接线，然后再更换二极管

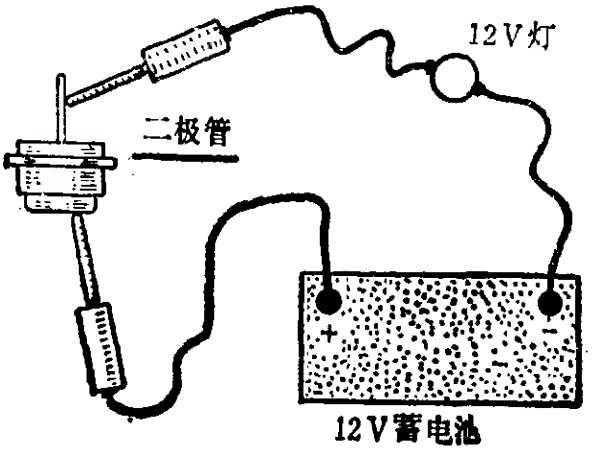


图385 二极管的检查

的方向。这两种接线法中只应有一种接线法能使指示灯发亮。如果指示灯在两种接线法中都发亮，则说明二极管短路。如果指示灯在任何一种接线法中都不发亮，则说明二极管被断路。

在取下或重新安装二极管时，不允许用力敲击二极管。

定子——可按图386的操作方法检查定子接地。检查时需小心地将二极管断开，使用 110V 的电源。如果灯泡发亮，则定子绕组接地，不宜再使用。

图388 定子接地的检查

检查三相绕组时，首先要断开交流发电机上的二极管，并在每两根相位线之间各接入一个电压表，如图387所示。再在激磁接线柱与交流发电机的接地之间接入一个12V的蓄电池，用它来为磁场绕组供电。然后使交流发电机以1000 r/min的恒定转速运转。这时三个电压表（假设它们是一样的）所示的电压应该相同，否则，需更换定子。

如果交流发电机上发现有一个或几个二极管短路，则需

对定子进行仔细检查，看其线匝是否烧坏。在通常情况下，当更换短路二极管时，同时也更换定子，这样就更加安全可靠。

转子——按图 388 所示的操作方法检查转子接地。如果灯泡发亮，则绕组接地，转子报废。在两个滑环之间检查转子绕组的电阻时，可以使用欧姆表，也可按图 389 的普通接线法进行检查。用后一种检查方法时，可通过调节变阻器，

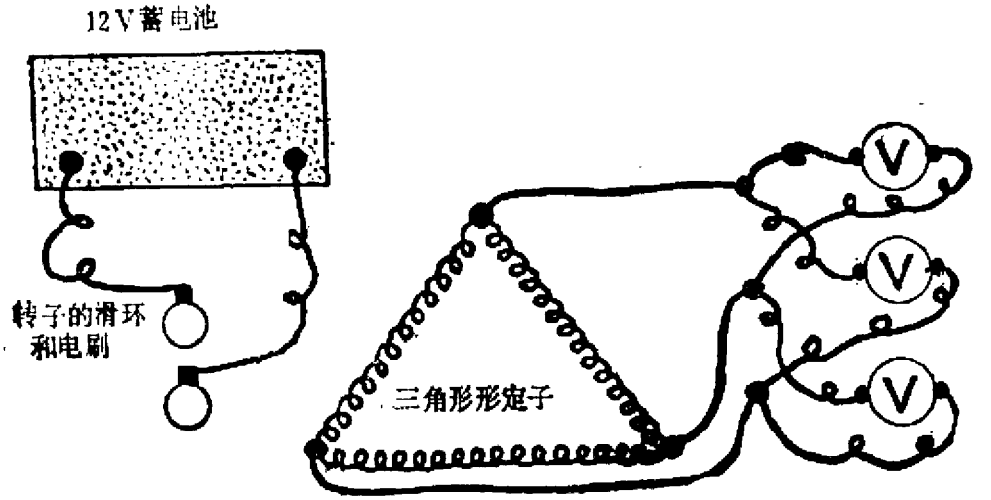


图387　定子绕组的检查

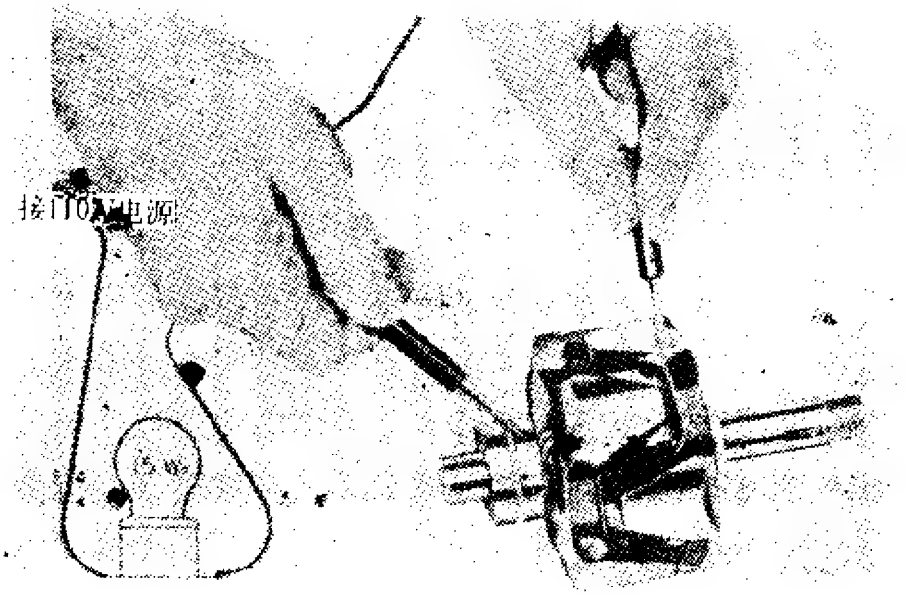


图388　转子接地的检查

同时测量电压与电流强度，根据这两个读数计算出电阻值。并将该电阻值与制造厂所提供的额定值或与另一个处于良好状态中的转子上所测得的电阻值进行比较（转子的型号应相同）。普雷斯托利特发电机的转子绕组为4Ω左右，这就确定了磁场绕组的电流为3A左右。因为交流发电机的电压为12V。

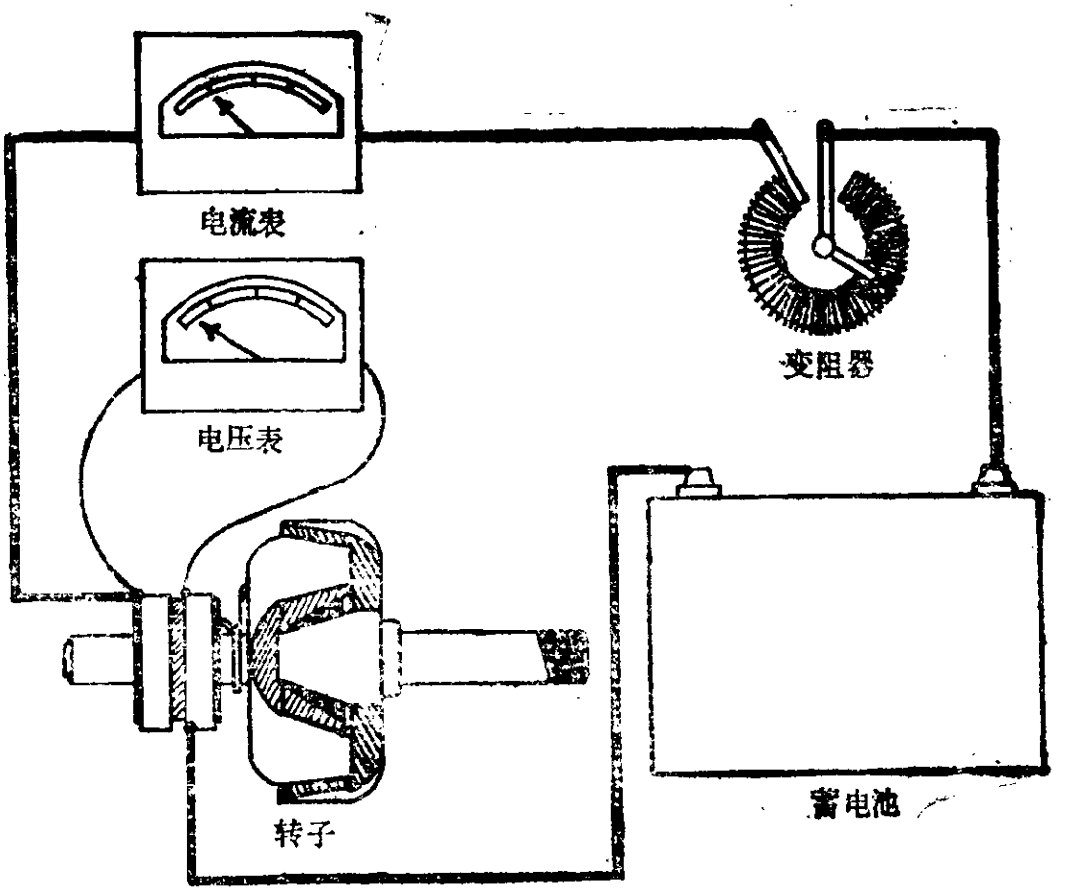


图389　转子电阻的测量

滑环与电刷——滑环应保持干净与平滑，如果有擦伤、腐蚀或变得凹凸不平，则需擦拭干净，并用0号砂纸研磨一圈，使其重新变得平滑。使用砂纸时必须注意操作方法。

电刷磨损到其原来长度的一半时，必须更换。弹簧应很好地固定在电刷上。

整台交流发电机——用规定的操作方法和合适的工具将

所检查的各部件重新安装完毕后，应检查整台交流发电机的工作性能是否符合制造厂的规定。还可采用如下两种方法，不拆卸交流发电机各部件进行检查：

（1）在汽车上进行检查：首先将蓄电池充好电，检查传动皮带是否已拉紧，然后按下述操作进行检查（见图390）：

——断开蓄电池的接地线；

——断开与调节器的接线柱F、A和B相连的导线，即断开图390中的虚线所示的导线，然后将它们连接于X点（图390中用实线表示）这样，调节器便被排除在检查路线之外；

——重新接上蓄电池的接地线；

——在蓄电池两端接入一个变阻器（其作用相当于汽车上的用电装置），并将它调到最大电阻位或切断位；

——在发动机上接入一个电子转速表，使发动机运转，将转速调至约1750 r/min；交流发电机的转速约4200 r/min；

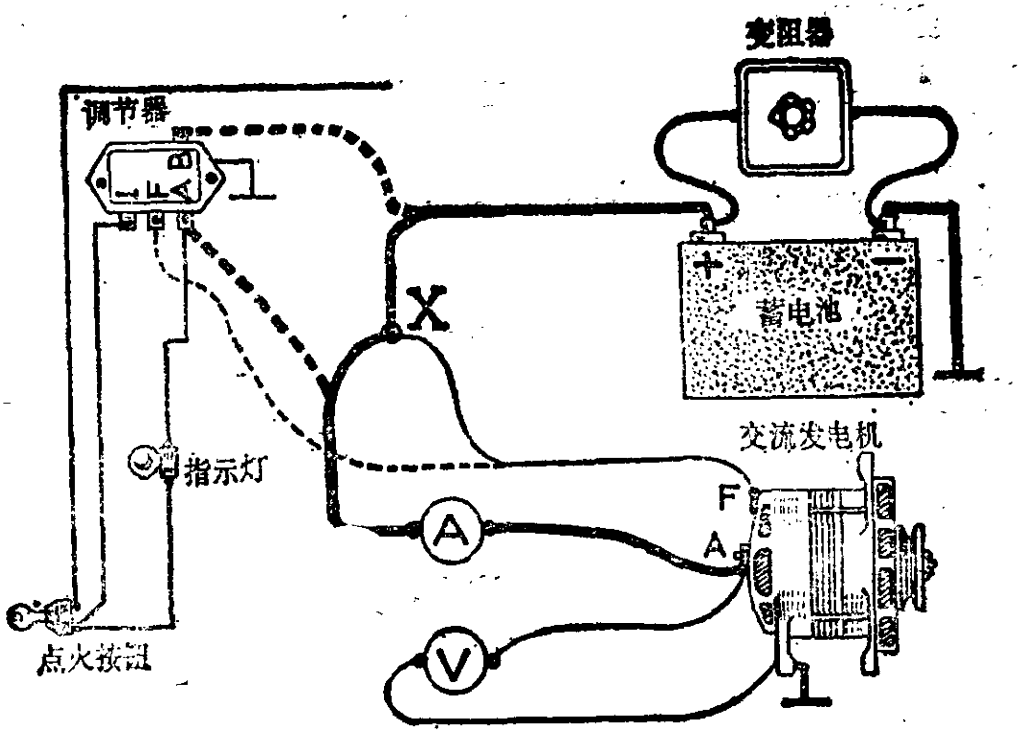


图390　交流发电机在汽车上的测试

——调节变阻器，使交流发电机的端压为 12V；这时电流表所示的电流应符合特性曲线所提供的额定值。

如果有一个或几个二极管被切断，则电流可能低于 5A 或额定电流强度。

如果有一个或几个二极管短路，则电流不会超过10A，交流发电机将发出呼呼声。

（2）在试验台上进行检查：

——首先按图 391 接线；

——将转速调至4200 r/min；

——调节变阻器，使电压表的读数为 12V。

然后再按前面所讲的方法进行检查。

调节器——其排障检查方法留待下一章再讲。

一般注意事项

当安装、检查或使用交流发电机时，必须严格遵守以下注意事项，避免半导体元件(二极管)受到损坏，绕组承受过电压。

1．接反蓄电池的连线，会对整流器与绕组造成严重损害。在连接蓄电池之前，应仔细对极性进行检查；

2．如接有辅助起动的蓄电池，则其接线必须正确无误，以避免损坏整流器与绕组。接线方法如下：辅助蓄电池的正接线柱应与汽车蓄电池的正接线柱相连，二者的负接线柱也应相互连接；

3．使用快速充电器时应注意：只有在断开蓄电池的接地线后才能使其和蓄电池相连；

4．磁场绕组电路不允许在交流发电机与调节器之间接地，否则会损坏调节器；

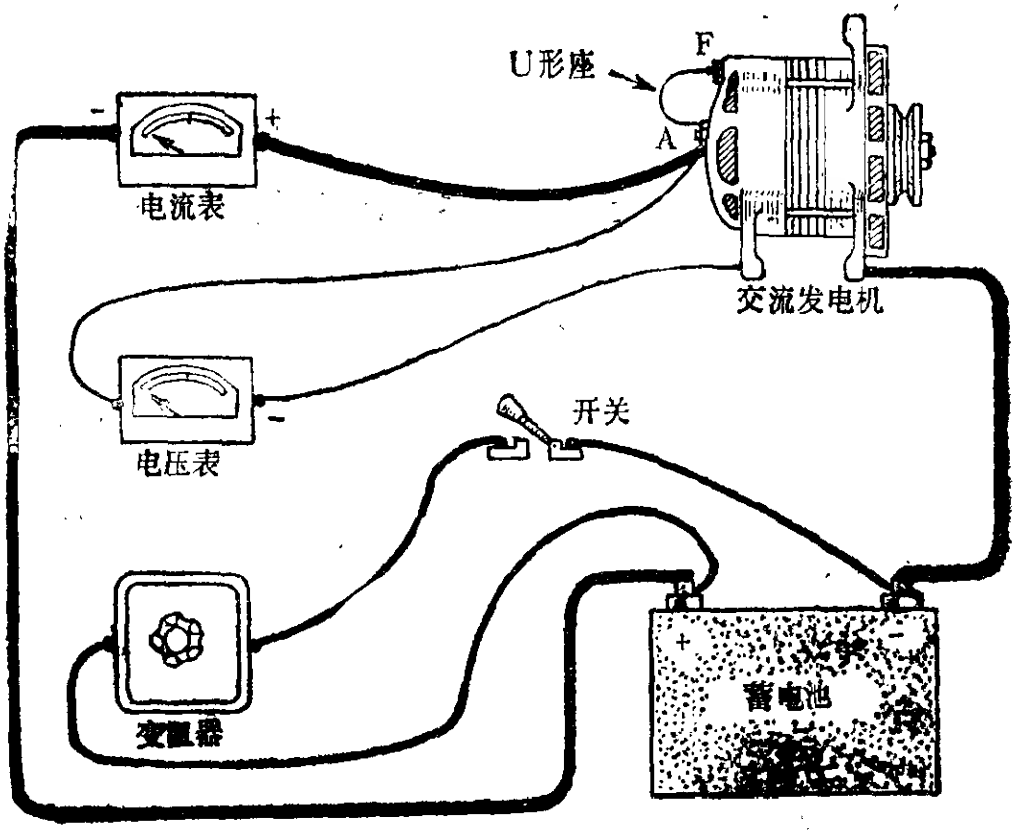


图391　交流发电机在试验台上的测试

5．将交流发电机的接线柱接地会使交流发电机产生很大危险；

6．在二极管上焊接引子导线时，需使用散热措施，以保护二极管；

7．不能使交流发电机在已被激磁又没有调节器时空载运转；

8．不允许对交流发电机进行任何通电试验，这种不必要的试验会损坏交流发电机、调节器或电路；

9．不能在调节电压或触点时将所用的工具与调节器的接地线相接触，否则会损坏调节器，使用的工具必须是带绝缘的合适的工具。

五十三、普雷斯托利特继电调节器原理

图 392 是普雷斯托利特继电调节器的电路图，它表示这种调节器各电路的内部结构和布线情况。图 393 是这种调节器的外部接线图。图 394 是它的线路原理图。

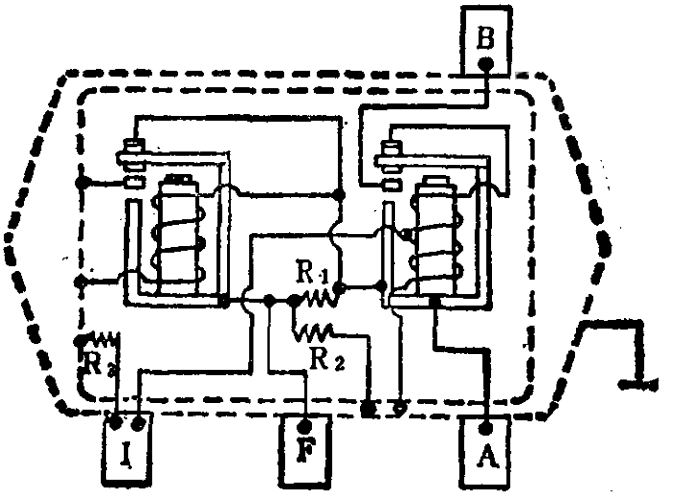


图392　普雷斯托利特继电调节器的内部结构

普雷斯托利特调节器有 4 个接线柱（上述三图中所使用的代号均相同），其连接情况分别（见图393与图394）如下：

——A 接线柱与交流发电机的定子接线柱及充电指示灯相连；

——F 接线柱与交流发电机的转子接线柱相连；

——I 接线柱与充电指示灯及点火开关相连；

——B 接线柱与蓄电池的电源接线柱及点火开关相连。

从图 392 与图 394 中的左侧可以看到调节器的电压线圈和调节电阻 R_2。这种调节器是具有双级调节的普通型号的调节器，也就是说有两对触头（即图 394 上的：P与V，V与Q）。此外，还可从图 392 和图 394 的右侧看到调节器的继电器(它也有两对触头，即图 394 中的M与U，U与N）及其线圈（该线圈总共有 3 个输出端，即X、T与Y，见图 394)。

图 394 中可以看到：触头 UN 闭合可使蓄电池与交流发电机(说得准确一点，是交流发电机的定子)直接相连；而触头M、U不能使它们相连。仅因如此，则可考虑不必采用这一继电器，因为整流器本身可起到这个继电器的作用。然而采用这种装置，理由有以下两条：

1. 通过研究继电器的工作性能，即可发现：如果由于接线错误将蓄电池接反了的话，则继电器可阻止蓄电池与交

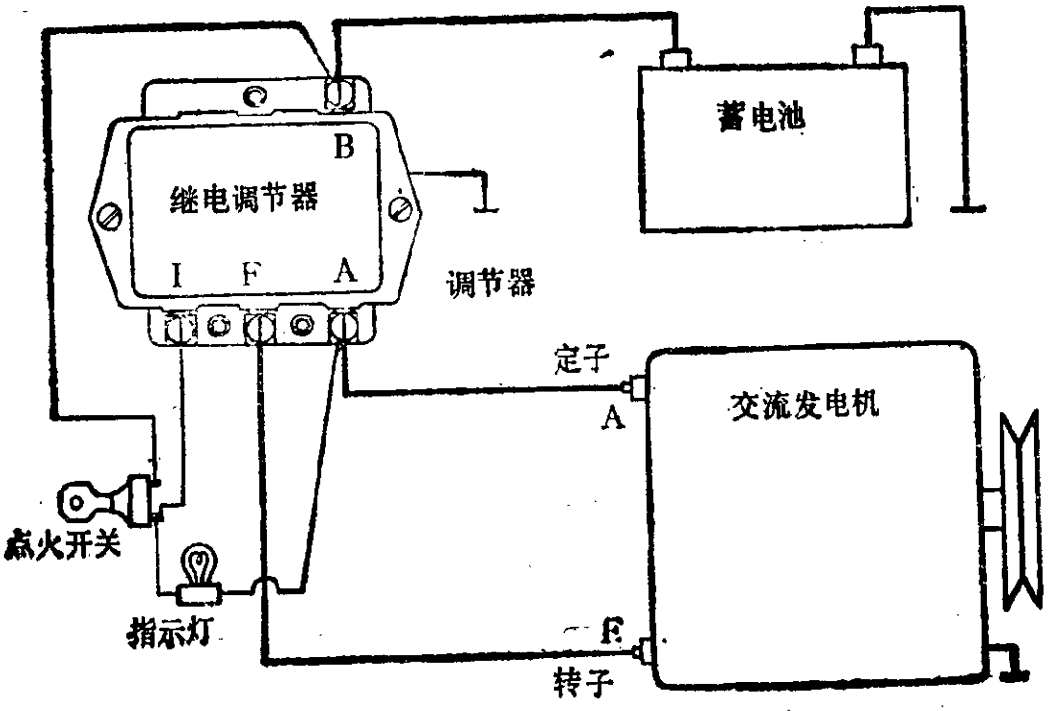


图393 安装线路图

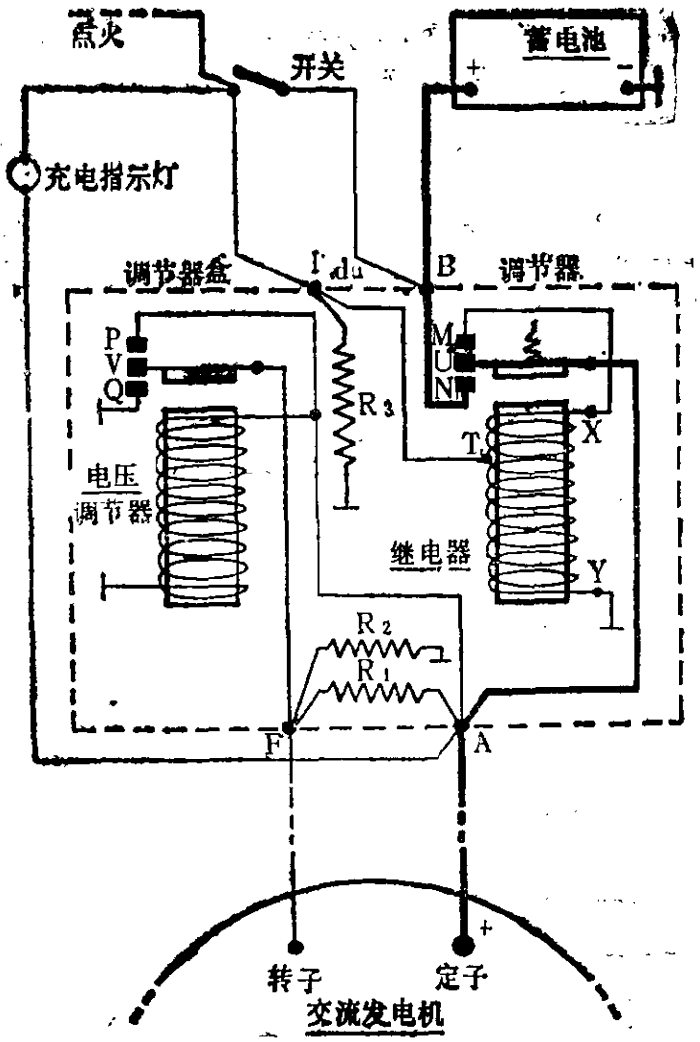


图394　继电调节器的原理及其安装线路图

流发电机相连。要是了解这种错误接线会导致交流发电机二极管的损坏，就会明白采用这一继电器的好处。

2、如果发动机在点火开关关闭时停止运转，那么，从理论上讲，转子仍与蓄电池相连，这就可能对12V的普雷斯托利特交流发电机产生3A左右的放电(电阻为 4Ω)电流，这是不可忽略的。如果按图 394 接线，便可看到：若有故障发生，磁场绕组只能通过“B-点火开关-I-T-X-M-U-A-P-V-F”这一电路得到供电，上述电路中包括继电器线圈的1/3的电阻，即约 30Ω 的电阻(整个线圈的电阻为83～92Ω)。由

于在发动机停止工作时触头M、U闭合，电流便经过继电器1/3的线圈，这种情况下，产生的放电电流就微乎其微了。

应指出，在起动时，磁场绕组通过上述电路得到供电，因此加强了转子的剩磁作用，交流发电机易于发电。

继电器的工作原理

在不工作时和在起动瞬间，继电器断开，即M、U触头闭合。磁场绕组通过上述电阻通路得到供电，该电阻通路将蓄电池电压送到继电器的线圈上部1/3位置的输出端T。蓄电池电流一方面经TY电路接地，另一方面经T-X-M-U-A电路进入磁场绕组。这两个电路产生的磁力线是相互抵消的使线圈无力将M、U触头分开。

图395中的线路图A极其简单地表示了电流进入绕组的情况。

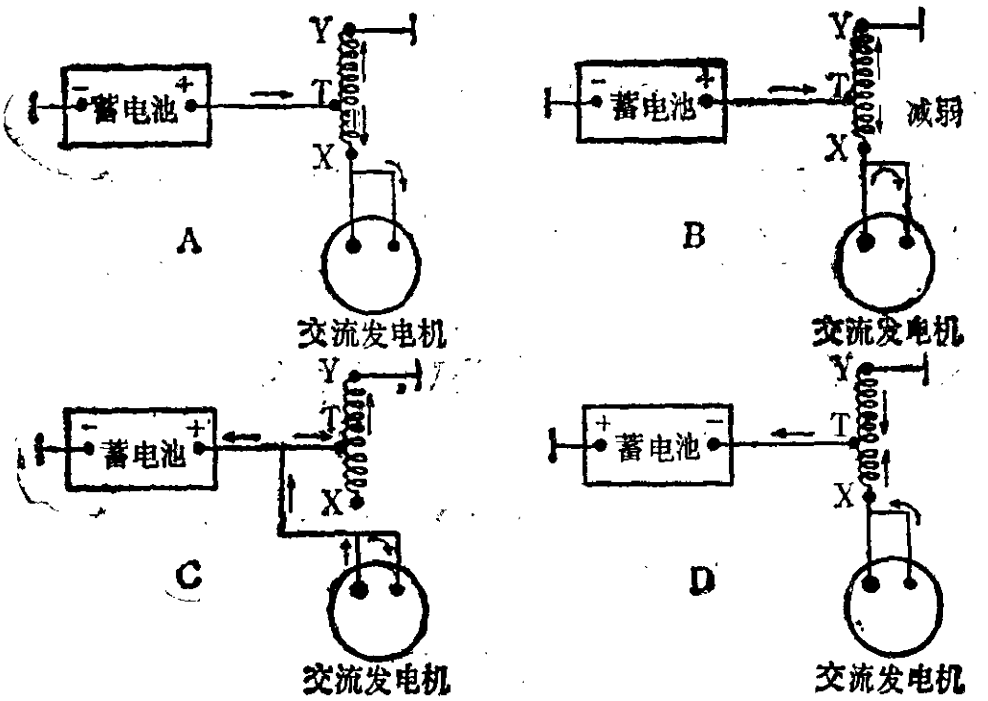


图395　继电器的动作原理图

如果交流发电机的电压由于发动机的加速而升高，则该电压与蓄电池的电压相互抵消，并使线圈中的TX段的电流减小(图394和图395中T、X、Y情况相同)。电流流动情况如图395中B图所示。

线圈产生的磁力线增大到足以使触头M、U分开，触头U、N闭合，就成为图395中的线路图C所示的情况。

如果由于疏忽将蓄电池接反了的话，应用D线图代替A线图，则电流流动方向在所有电路，特别是继电器线圈的两个电路中的电流都被反过来了。但是，在起动瞬间，交流发电机的电压（该电压并不因接反了蓄电池而改变方向，它只取决于整流二极管的连接方式）不再与线圈XT段中的蓄电池电压互相抵消。触头M、U不能被断开。但这样等于将二个电源串联起来。对二极管来讲会产生很严重的危险。

与继电器线圈中的TY段相并联的电阻R的作用是平衡各电路。

电阻R_1和R_2的作用

这里，不准备叙述电压调节器的工作原理，而仅仅指明电阻R_1和R_2的作用。正与所看到的那样，它与调节器的接线柱A、F相连，其中能被触头VP所短路的电阻R_1，就是所谓调节电阻，它只能在触头V和P之间振动时起作用，而不能在触头V和Q之间振动时和低转速时起作用。与磁场绕组相并联的电阻R_2，当触头V、P断开时，成为磁场绕组感应电流的放电电路。

技术规格

电阻：

——R_1：9～11Ω；

——R_2：18～22Ω；

——R_3：126～154Ω。

电容器（装在于某些型号的调节器上，在接线柱A与接地之间）：1μF。

继电器：

——线圈电阻：83～92Ω；

——触头间隙（in）：0.017～0.022；

——振动臂与铁芯的间隙：0.025～0.027；

——闭合电压：8～9V；

——断开电压：13～13.5V（接线柱 A 上的电压为 14 V）。

电压调节器：

——线圈电阻：52～58Ω；

——触头间隙(in)：0.010～0.012；

——振动臂与铁芯的间隙：0.034～0.037。

P、V触头的调节电压在下述各温度下为：

——10℃：14.3V；

——21℃：14.2V；

——32℃：14.0V；

——43℃：13.9V；

——54℃：13.8V；

——66℃：13.7V。

} ±0.2V

在汽车上的试验与调节

在进行试验之前，必须检查：

——各电路绝缘是否良好，接头连接是否牢靠和是否有锈蚀，接地是否正确；

——交流发电机是否处于良好的运转状态，皮带张紧度是否合适；

——蓄电池是否充好电。

在进行接线之前，必须首先断开蓄电池，特别是在交流发电机电路中接入电流表时，电流表应接在定子接线柱与调节器的A接线柱之间(见图396)。

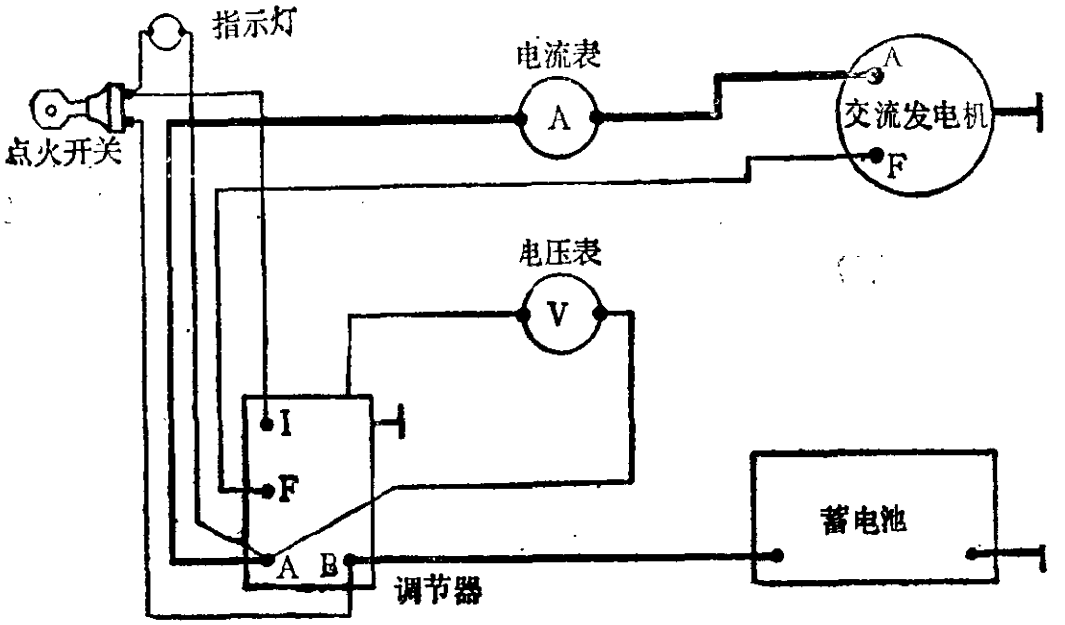


图396　在汽车上检查线路

绝缘检查——使发动机运转，调整转速与电路，使输出电流为10A。电压表所示的电压不应超过：

——蓄电池＋极与接线柱I之间：0.1V；

——蓄电池＋极与接线柱A之间：0.3V；

——调节器接地接线柱与交流发电机的接地接线柱之间：0.04V；

——蓄电池负极与交流发电机接地接线柱之间：0.04V。

如果超过了上述规定值，则需找出造成损失的原因并排除这些故障。

继电器的检查——接通点火开关，指示灯应发亮（见图394）；

——起动发动机时，指示灯被触头 UN短路(见图394)而熄灭；

——断开点火开关，停止发动机运转时，指示灯应熄灭；

——如果发动机在点火开关闭合时停止运转，则指示灯发亮，就象在发动机起动之前一样。

如果接有电流表，则当点火开关及其它所有开关断开时，不应有放电显示。

电压调节器的检查——可按下述方法进行检查，如果所使用充好了电的蓄电池，并在调节器接线柱A与交流发电机定子接线柱之间接入一个电流表，在调节器接线柱A与调节器的接地接线柱之间接入一个电压表(见图396)，然后：

——起动发动机，并将交流发电机的转速调至1800r/min左右(使用电子转速表或别的转速表)；

——接入用电装置，使输出电流为10～20A，并在此条件下使交流发电机运转 15min 左右，以考虑热补偿的因素(应指出调节器是有热补偿的)；

——将交流发电机的转速增加到3500 r/min，断开用电装置；这时电压应升高，电流应降低。这时进行触头变换工作的电压变化值的试验。试验时，应保持转速为3500 r/min左右，使电流一会儿为12～15A(该电流使调节器的上部触头动作)，一会儿使它少于3～5A(该电流使下部触头动作)。电压差不应超过0.2～0.5V，下部触头工作时的电压不应超

过 14.7V。然后通过接入用电装置，得到其他一些输出电流值。记录每一次的电压表读数，在此以前，应首先使发动机怠速，然后加速，并等 15s 后再记录。

触头变换工作下电压变化值如与上述额定值不符，则应取下调节器防护罩，松动触头的固定支架的螺帽，将支架向上或向下移动(只需稍微移动一下就行)，就能改变电压变化值。

然后将防护罩重新安放好，将交流发电机的转速调至 1800 r/min 左右，以便检查上部触头。如果电压不符上述规定电压，则应重新取下防护罩，用绝缘工具调整弹簧电压。之后再安装好防护罩，将上述试验重新进行一次。在重新安装好防护罩后，至少再等3 min 记录电压表上的读数，以便得到稳定的电压读数。

试验台上的试验和检查调整

为了避免损坏调节器，不允许将蓄电池直接与调节器的 F 接线柱或接地接线柱相连接。

继电器——如果需要，应事先调节铁芯与触头的间隙。

继电器不必预热，而是与调节器一样的车间里的温度，则应迅速将继电器调整好（当调节器温度升高时，继电器在闭合与断开时的工作电压便会发生变化)。调节时首先应按图 397 接线，并接入两个12V 的灯泡。应指出：这时蓄电池只为磁场绕组电路供电。

上述接线完毕后，将交流发电机的转速恒定在 2000 r/min 左右，测定电压时可不取下外壳。接着闭合开关E，将交流发电机的电压送到图 394 中的T 点。调整电位计R（其电阻应为 35Ω，通过电流为 2～3 A)，以便使交流发电机的

电压慢慢升高，这时，交流发电机从蓄电池供给以不到 2V 的电压，直到继电器的闭合电压(即 8～9V) 为磁场绕组电路供电，灯泡 L_2 发亮表示继电器闭合。

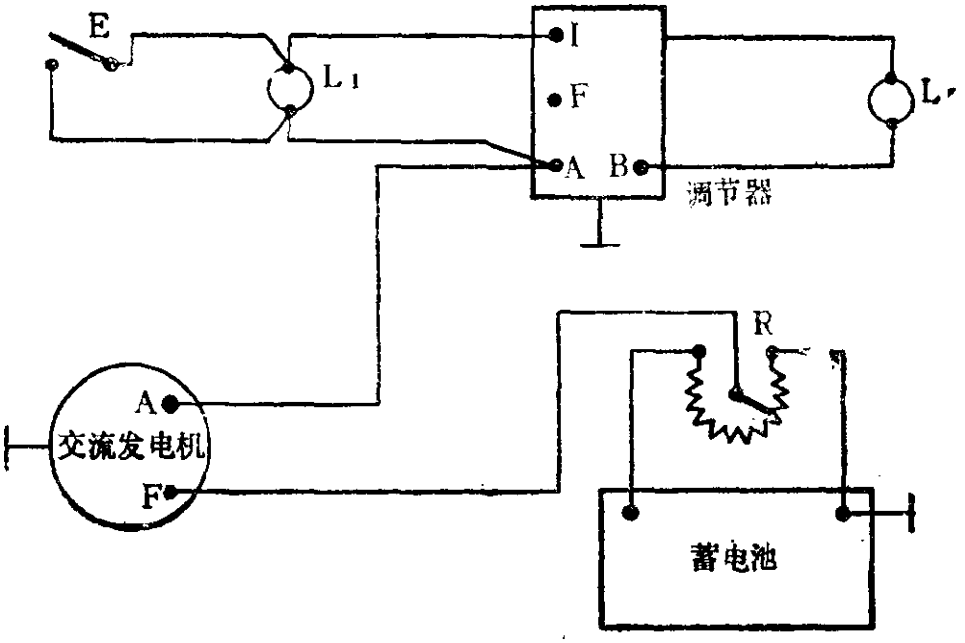


图397　在试验台上检查继电器的线路

继电器的闭合电压可调节振动臂弹簧的张力来调整。如果弹簧张力大，则闭合电压亦升高。

调整继电器的闭合后和在装置未加热的情况下调整变阻器 R，以使电压升高到 14V。这时若断开开关 E，则灯泡 L_2 仍然发亮，这说明还有电流经过灯泡 L_1。

然后再慢慢调整变阻器 R，使交流发电机电压从 14V 开始下降。当电压降到 13～13.5V 时，继电器应断开，其断开是通过灯泡 L_2 的熄灭来表示的。

调节器——如果调节器电压不稳定，或者没有被调到额定值，则可按下述方法操作：

——调节器触头间隙：用一个专用量规在下部触头与下固定触头之间检查触头的间隙。调整时，应将上部固定触头

的支架上、下移动。间隙调整好后需将触头固定好。

——铁芯的间隙：检查铁芯与振动臂的间隙时，应按图398所示，在调节器的接线柱F与接地接线柱之间串联一个灯泡和一个12V的蓄电池。然后将量规安放在振动臂与铁芯之间，要尽可能靠近铁芯头部中心。当振动臂顶住量规的薄的一端(下公差)时，活动振动臂的下触头刚好和固定触头相接触。如果将量规的厚的一端(上公差)安放在振动臂与铁芯之间，则灯泡仍应处于熄灭状态。

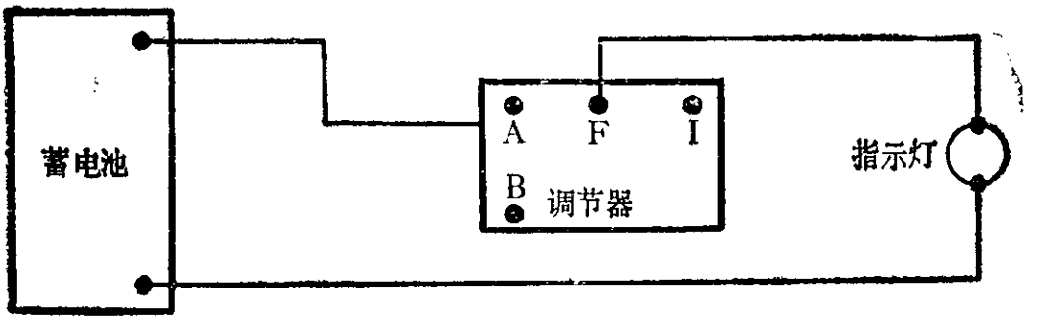


图398　检查调节器铁芯和振动臂之间的间隙

为将间隙调到技术规格的要求，首先需松动支架的螺帽，将它向上或向下移动。

上述调整只是初步的。当触头变换工作，电压变化值的试验时，间隙还有微小的变化。

触头的维护——如果触头凹凸不平或氧化，则需用细锉刀进行擦磨，但不要将触头金属锉得太多。然后，应用布条沾上几滴挥发性液体在触头上擦拭，最后用干布反复擦拭。

注意所使用的工具都必须是带绝缘的。

五十四、斯埃沃·马夏尔（S. E. V MARCHAL）A40型交流发电机及其电子调节器

交流发电机

A40型交流发电机的外形如图399所示。图400右侧是一台与斯埃沃·马夏尔交流发电机功率相同的直流发电机，可对这两种发电机进行比较。图401是将A40型交流发电机安装在汽车上时所用的通用支架。

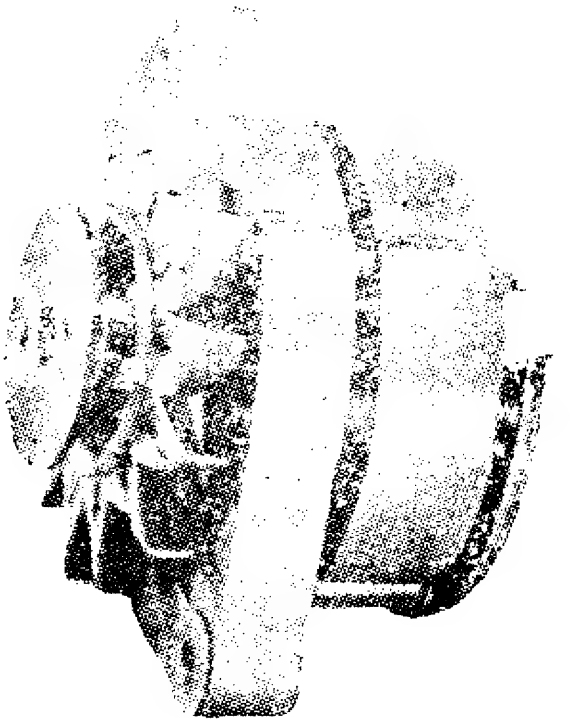


图399 斯埃沃·马夏尔A40交流发电机

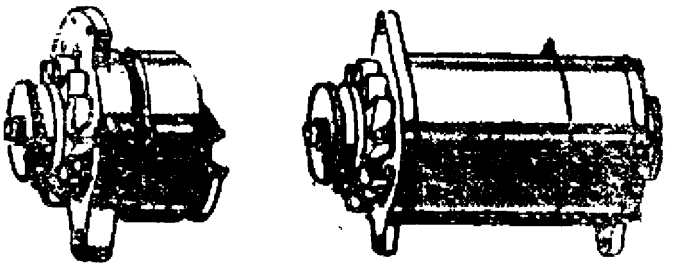


图400　A40交流发电机和与其相当的直流发电机

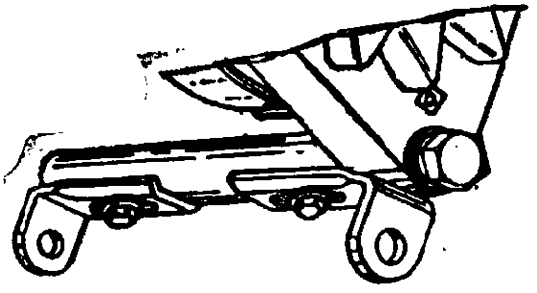


图401　交流发电机通用支架

图402是A40型交流发电机的分解图。其主要部件及其特点如下：

——1代表爪极式转子，它支撑滑环；

——2代表三相定子；

——3代表前端盖；

——4代表后端盖；

——5和6代表两组三相交流电的整流二极管（每组包括三个二极管）；

——7代表隔离二极管；

——8代表刷架，9代表刷架罩；

——10代表皮带轮，11代表风扇。

图中没有标出滚动轴承、垫圈、螺丝、绝缘零件、螺帽的代号，其种类与作用很容易从图中显示出来。

这种交流发电机的主要特点是安装有隔离二极管。图403为此交流发电机的电路图，图中可以看到：

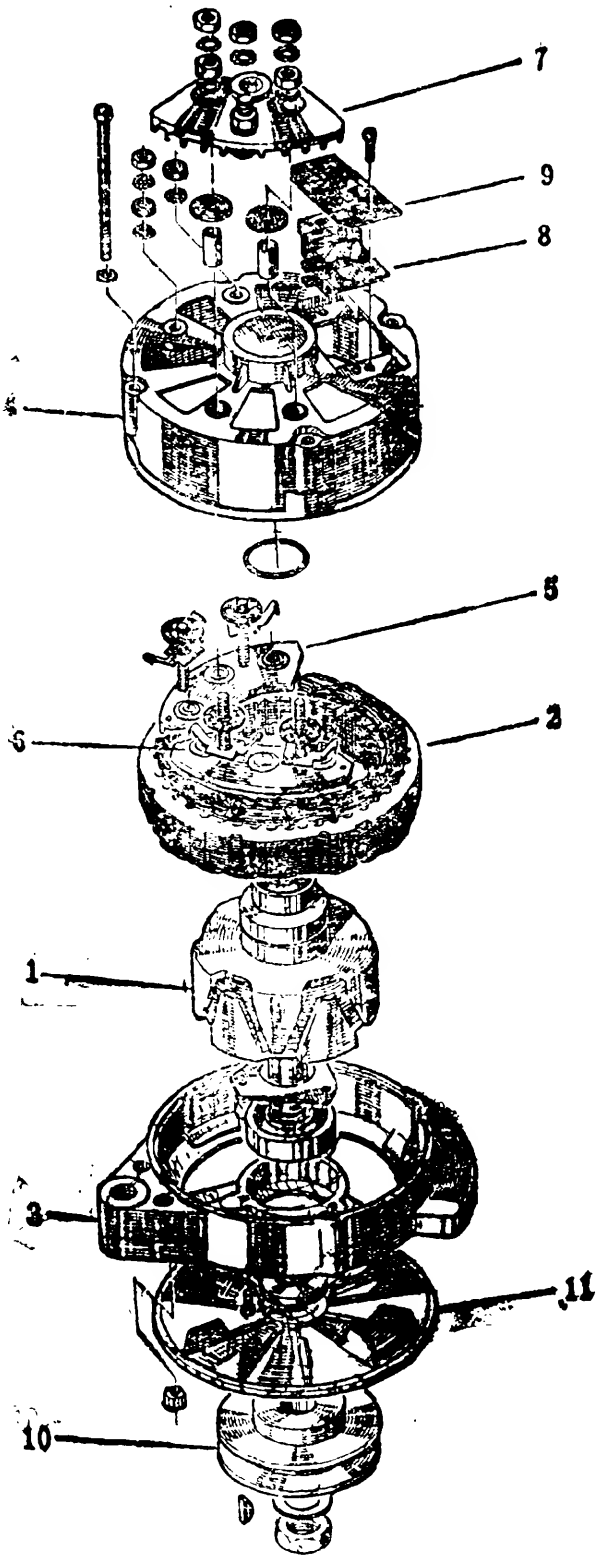


图402　斯埃沃·摩托罗拉 A40 交流发电机分解图

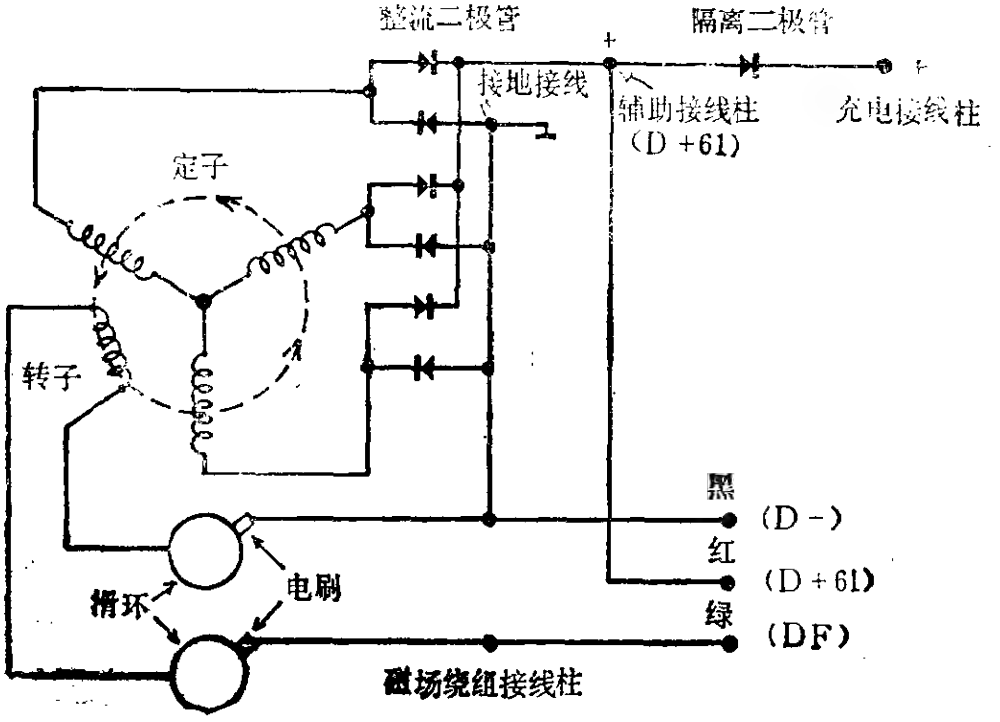


图403　A40交流发电机线路图

——**定子绕组**呈星形连接(三角形连接用在牌号相同，但电流量更大的交流发电机上)；

——**辅助接线柱**，实际上是发电机的接线柱；

——**隔离二极管**，其作用是使交流发电机和调节器与电路隔离，实际上它还相当于一个开关，阻止交流发电机与调节器接受蓄电池电流相当于一个截流继电器。绝缘二极管安装在交流发电机上，所以它的接线柱就是充电接线柱，相当于交流发电机接线柱。

可从图404所示的交流发电机中看到如下接线柱和二极管：

——磁场绕组接线柱；

——辅助接线柱；

——充电接线柱(与交流发电机和用电装置相连)；

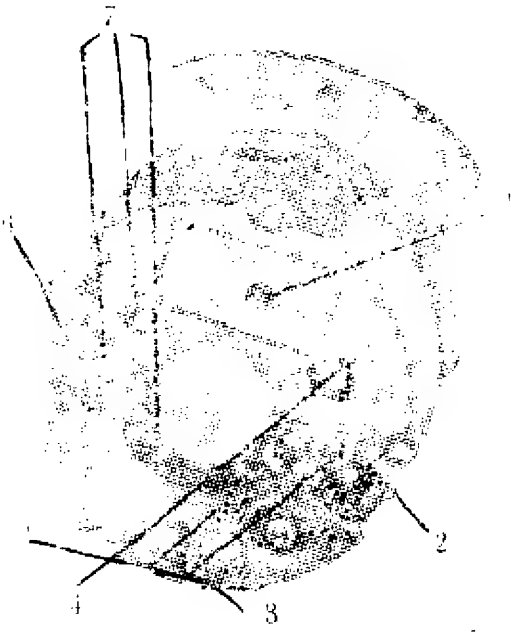


图404　60A型交流发电机接线柱端外观图

1.磁场绕组接线柱；2.接地接线；3.充电接线柱；4.整流负向二极管；5.隔离二极管；6.辅助接线柱；7.整流正向二极管

——接地接线柱；

——隔离二极管；

——整流二极管。

调　节　器

图405是A40型交流发电机上的电子调节器的外观图，图406为其电路图，包含的电子元件及其代号是：

——晶体管 T_2，可以说就是磁场绕组电路的开关；

——晶体管 T_1，与 T_2 相连；

——齐纳二极管，根据需要，控制 T_2；

——热补偿电阻 RT；

——电阻 R_1、R_2、R_3、R_4、R_5、R_6。

热补偿电阻的电阻值随温度的变化而变化，其作用是调

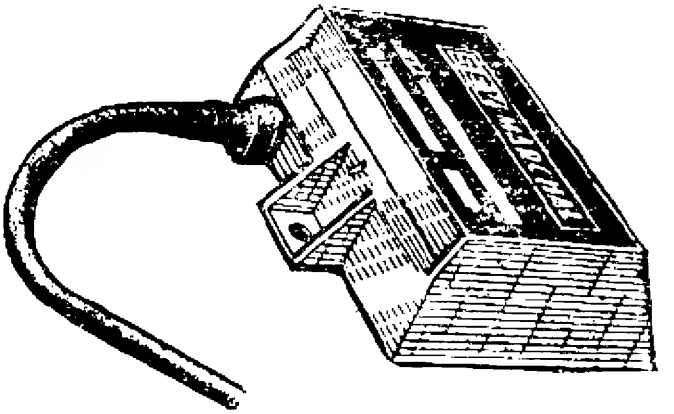


图405　电子调节器

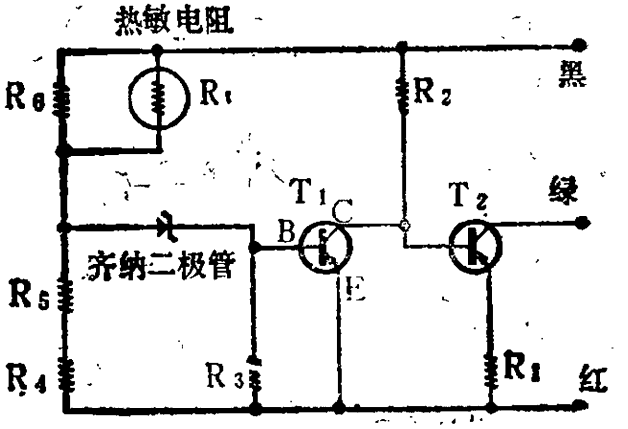


图406　调节器线路图

整温度变化对齐纳二极管的影响，稳定调节器的工作性能。

调节器的三根导线分别与交流发电机的连接方法如下：

——黑色导线与接地接线柱（D－）相连；

——红色导线与辅助接线柱（D＋61）相连；

——绿色导线与交流发电机的不接地的（DF）电刷相连。

调节器是在制造厂进行密封的，不需要进行任何调节。

电　路　图

图407是A40 型交流发电机的一般接线图，对此需作以下几点说明：

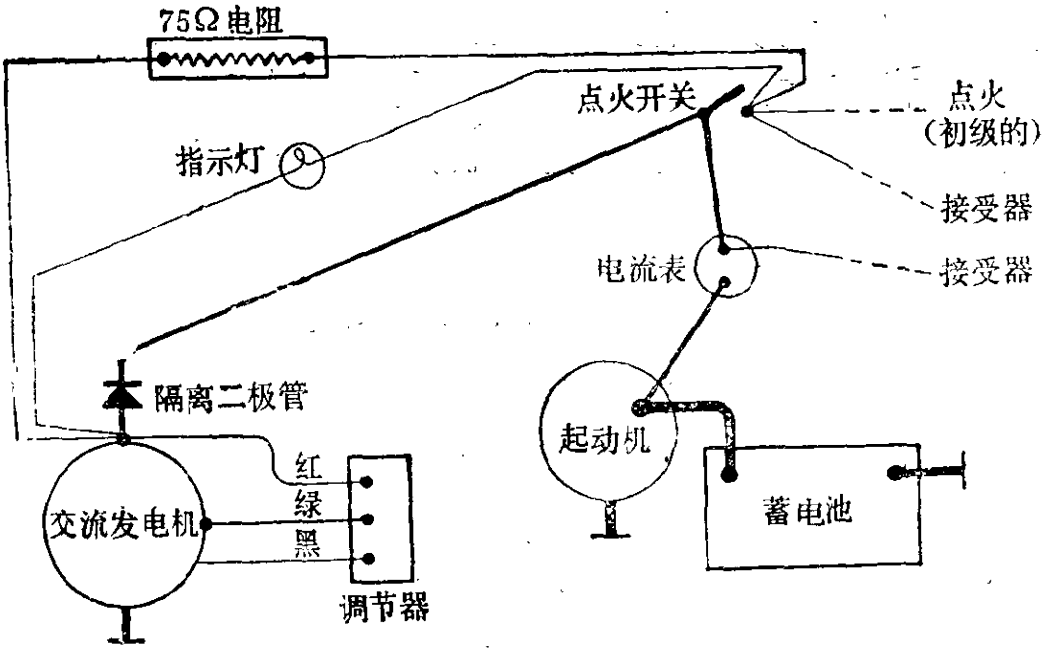


图407　一般安装线路图

(1)充电电路

该电路从隔离二极管出发，相继经过：

——点火分路。其中包括点火线圈、各种装置（只有当发动机旋转时才进行工作的装置）、充电指示灯以及电阻值为75Ω的电阻；

——主要用电装置(接受器)分路；

——电流表(可供选择)；

——起动电路；

——最后与蓄电池相连。

隔离二极管阻止蓄电池电流向交流发电机反馈（也就是说使蓄电池电流进入转子，因为整流二极管只能阻止它向定子反馈）。它实际上相当于一个开关。但要知道并不是所有这种型号的交流发电机都必须安装隔离二极管，也可采用机械开关，在发动机停止工作时切断磁场绕组的电流，而且也可能将该开关与点火开关相连，从而使它能自动担负这一切

断任务。除此外，还有其他的解决办法。

加了隔离二极管，磁场绕组似乎只能由定子来供电，从而交流发电机起始发电必然很缓慢，但是可采取下述方法来解决：

（2）接通交流发电机

由于转子的剩磁很弱(加之接有整流二极管)，交流发电机起始发电很难，就象并激直流发电机那样。但是要通过接入一个75Ω的分流电阻来与隔离二极管并联，从而加速交流发电机的发电过程。该分流电阻在点火开关闭合时与磁场绕组电路相连。由于加有这个75Ω的电阻，则在点火开关闭合、发动机停止工作时，蓄电池向磁场绕组电路的放电就微乎其微了。

（3）充电指示灯

充电指示灯和分流电阻一样，接在辅助接线柱与点火线圈之间。当发电机供电时，指示灯被连接交流发电机、绝缘二极管和蓄电池的导线所短路。当交流发电机不供电时，缘二极管切断上述导线，若这时点火开关闭合，则蓄电池电流可通过指示灯，并通过交流发电机的辅助接线柱和接地接线柱以及调节器接地。

特性曲线

充电特性曲线如图408所示，其中的小曲线表示在低转速时的特性曲线。

注 意 事 项

A40型交流发电机是一种坚固耐用而又可靠的交流发电机，匹配的是不带振动触头的电子调节器。它很少发生故障，不需经常进行检查。但是在进行任何操作之前，对有关保护

交流发电机和调节器的电子元件应特别注意如下几点：

——蓄电池的负接线柱应该接地。接错极性就会损坏交流发电机的整流器。

——当在汽车上用专用充电器为蓄电池充电时，必须小心地断开蓄电池的正接线柱。

——假若在断开蓄电池连线之前，就接上充电器为它充电，则也可能损坏电子元件。因为，很多充电器都有一个脉动电压，该脉动电压可能比标在充电器上的直流电压高出4～5V，并可能超过整流器与调节器的最大允许电压。

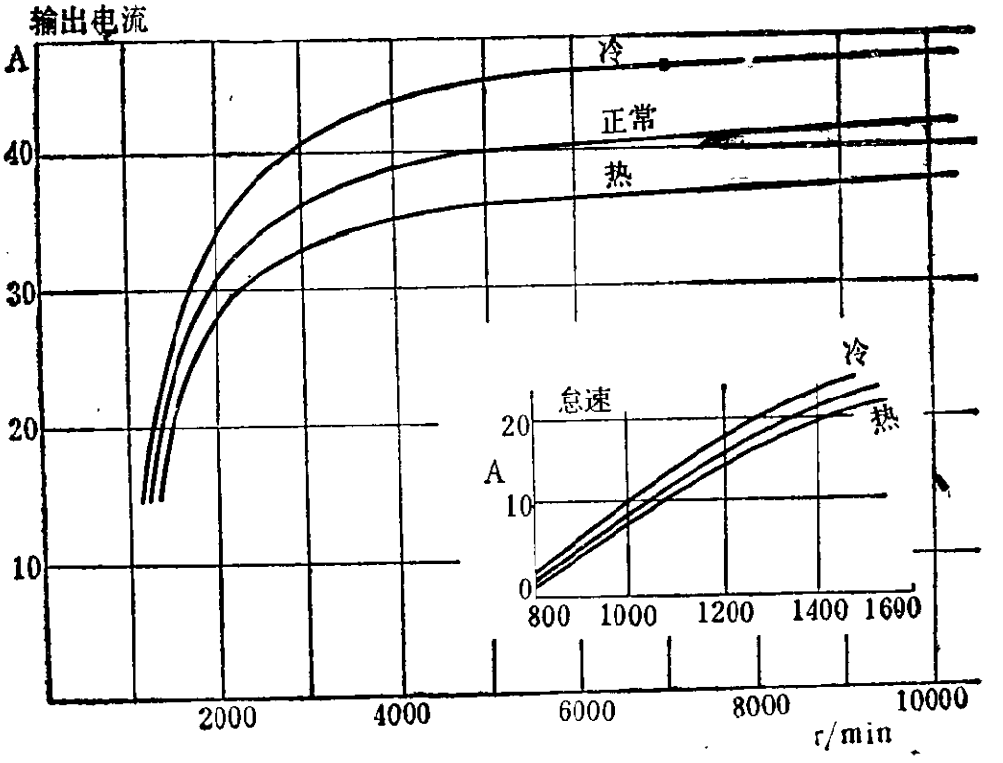


图408　充电特性曲线

诊断与检查

在出现故障或缺陷的时候，可进行下面的诊断与检查：

（1）交流发电机不充电：

a. 交流发电机皮带松动；

b. 充电电路或蓄电池电路被切断或电阻太大；

c. 电刷磨耗太大，被折断或有缺陷，

d. 分流电阻被切断；

e. 隔离二极管被切断；

f. 调节器失灵；

g. 转子绕阻被切断。

（2）充电电流很弱或不稳定：

a. 交流发电机皮带松动；

b. 蓄电池电路或连线接触不良，或电阻太大；

c. 电刷磨耗太多，被卡住或接触不良；

d. 调节器失灵；

e. 整流二极管短路或被切断；

f. 转子线圈接地或短路；

g. 定子线圈被切断、接地或短路。

（3）电压过高（可突出表现为：灯光过亮，保险丝经常烧断，蓄电池电液需经常增添）：

a. 检查交流发电机和调节器的所有连线是否牢靠；

b. 调节器失灵。

（4）交流发电机发出噪音：

a. 皮带有缺陷或者磨损太大；

b. 皮带与皮带轮安装不良；

c. 皮带轮松动；

d. 滚珠轴承被磨损；

e. 整流器短路。

交流发电机和调节器可在汽车上或试验台上进行检查。检查调节器时应备有一台工作正常的调节器，同样，检查交

流发电机时亦应备有一台运转正常的交流发电机。检查仪表需处于良好状态，并按其说明书使用。蓄电池的状况应正常，并且充好电。

此外，还需注意如下几点：

——在任何情况下，都不能使磁场绕组的接线柱接地；

——当交流发电机运转时，不能断开调节器；

——当交流发电机运转时，不能断开供电电路；

——在断开蓄电池的负接线柱之前，不能将交流发电机从汽车上拆卸下来。如果需更换蓄电池，首先应断开负接线柱；

——安装蓄电池时，应检查其负接线柱是否接地。接反电极性就可能损坏整流二极管。

对于隔离二极管来说，如果蓄电池在点火开关和所有用电装置被从电路中断开时放电，则可对隔离二极管产生怀疑。可在调节器已与其辅助接线柱接好之后，测量辅助接线柱上的电压。由于所有的用电装置及点火开关已置于电路之外，辅助接线柱上的电压不应超过1V。如果该电压超过 1V，则说明通过隔离二极管有损坏应予更换。

对二极管可用专门仪表或 12V 的指示灯进行检查。在交流发电机上，隔离二极管是接在辅助接线柱与交流发电机接线柱之间（见图 404）。检查时，首先接通蓄电池，并使二极管与指示灯相串联，然后再更换蓄电池的电极。在上述两种接线方法中，指示灯只应在一种接线方法中发亮。如果在两种接线方法中都发亮，则说明二极管短路；如果在任何一种接线方法中都不发亮，则说明二极管被切断。

五十五、斯埃沃·马夏尔交流发电机的系列及其安装时的布线

斯埃沃·马夏尔交流发电机的系列

所有的斯埃沃·马夏尔交流发电机都是三相交流发电机。根据其用途分为如下两种类型：

——汽车类型：功率范围为 490～980W；

——船用或专门设备用类型：功率范围为490～1260W。

类　型	功率(W)	电压(V)	电流(A)
汽　车	490	14	30/40
	700	28	25
	770	14	50/60
	910	14	60/70
	980	28	35
轮船或专门设备	490	14	30/40
	700	28	25
	770	14	55
	980	28	35
	1260	28	45

船用或专门设备用交流发电机与调节器是经过专门设计，使其能在最困难的条件下工作：其表面处理允许它们在含盐的大气中或矿井中进行工作。

交流发电机与调节器可以连续工作约数百小时不需维护。它们的体积与重量都很小。滑环与电刷安装在位于交流发电机尾部的密封单格内。这个单格里端是用密封滚珠轴承密封，外端由一个带密封圈的防尘罩密封，以便在不拆卸交流发电机的情况下迅速检修刷架。

标准型号

下面那些型号的交流发电机是大批生产的标准型号的交流发电机，可直接安装在成批生产的汽车上。其名称代号的第一个数字表示工作电压，第二个数字表示额定电流强度。

A7-50型，在转速为3000 r/min、温度为25℃、电压为

图409　带有隔离二极管的斯埃沃·马夏尔交流发电机

图410　无隔离二极管瓦来欧·马夏尔的交流发电机

7.2V时能提供50A的电流，交流发电机与发动机的皮带轮传动比为1.7～2.2。A14-30型，在转速为3000 r/min、温度为25℃、电压为14.4V时能提供33A的电流，皮带轮传动比为1.7～2.2。A28-25型，在转速为5000 r/min、温度为25℃，电压为28.8V时，能提供25A的电流，皮带轮传动比也是1.7～2.2。

图409与图410为这些标准型号的交流发电机的外观图。图409所示的交流发电机除有普通的整流二极管外，还装有一个或两个隔离二极管；图410所示的交流发电机未装隔离二极管。

以图415为例，可看出此隔离二极管有如下两个好处：

——既然定子线圈已由整流二极管保护，在交流发电机不运转时将交流发电机与蓄电池隔离，用了这一个无触点的截流继电器，这样对磁场绕组很有用的。

——可允许不借助于继电器之类的其他装置将指示灯接在其输入端和输出端之间，当交流发电机未发电，也就是电

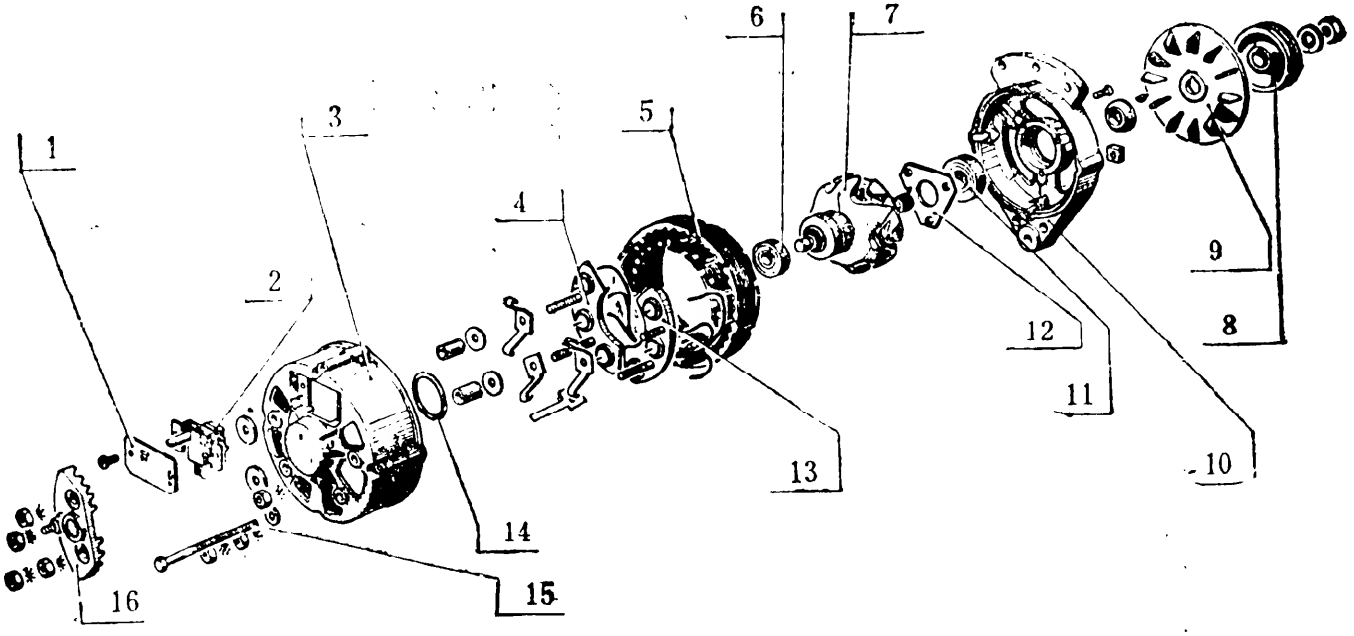


图411　斯埃沃·马夏尔交流发电机的分解图

1.刷架盖；2.刷架；3.后端盖；4.正向二极管架；5.定子；6.后轴承；7.转子，8.皮带轮；9.风扇；10.前端盖；11.前轴承；12.轴承盖板；13.负向二极管支架；14."O"形密封圈；15.连接螺栓；16.隔离二极管支架

流未经过二极管时，指示灯发亮。

安装有隔离二极管的交流发电机的标志牌是红色的，没有安装的交流发电机的标志牌是蓝色的。

没有安装隔离二极管的交流发电机显然是装有其他的保护装置。

图411是斯埃沃·马夏尔交流发电机的分解图。

装有“trio”装置*的交流发电机

在大电流量的交流发电机中，隔离二极管系统采用的是两个相并联的二极管，以便将电流分成相等的两部分，这就要求匹配特性完全相同的二个二极管。

“trio”装置可提供和绝缘二极管相同的作用：

——通过指示灯显示充电信号；

——当交流发电机停止运转时，调节器正极供电就没有了。

“trio”信号装置是由三个正向二极管组成的，它们独立于充电整流桥的二极管。这三个正向二极管对三相半波的每一半波进行整流，以便为调节器的正极供电。这种“trio”装置也可用于30A或60A的交流发电机上，因为只有调节器的供电电流才能通过它。

另外，由于隔离二极管的原因，在带有特殊调节的调节器的支路上，则会产生1V左右的充电损失；如果采用“trio”信号装置，则可保持有通常的调节作用。

调节器及其接线

有三种电压（7V、14V和28V）调节器，安装在交流发

* 即交流发电机中加上三个专为磁场绕阻供电用的激磁二极管——译注

电机的外部。图 412 是一个标准型号的调节器，有三根接线

图412　装有 3 根斯埃沃·马夏尔导线的标准电子调节器

柱（红色的是正接线柱，黑色的是负接线柱，绿色的是激磁接线柱）。还有一些适用于某些汽车牌号的其他型号调节器。此外，还有一种接有四根接线柱的调节器，适用于装有压力开关的发动机。图 413 就是这种调节器电路图。要将它改成具有三根接线柱的调节器，只需将图 413 中的接线柱O 和电

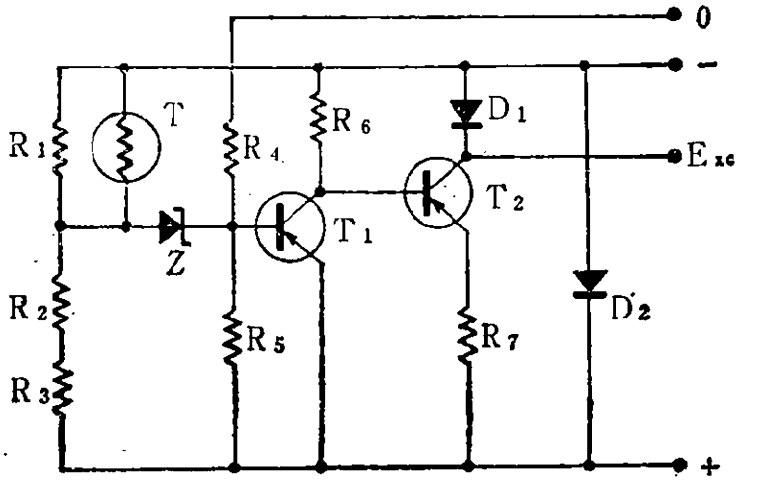


图413　装有四个接线柱的斯埃沃·马夏尔调节器的线路图

阻R_4取下来就行了，后面将介绍接线柱O和R_4的作用。在某些型号的调节器中，没有安装图413中的保护二极管D_2。D_2的作用是保护调节器的半导体元件，防止当交流发电机装有电容器时可能产生的某些振荡的负半波。D_1是磁场绕组的传统放电二极管。T是热敏电阻，Z是齐纳二极管，它的作用是控制调节，T_1、T_2是两个晶体管。所有的调节器都是按规定调整好的，相应温度为25℃，误差为 ±0.15V，其调节电压为 7.2-14.4-28.8V，相应的额定电压分别为 7-14-28V。如果装有隔离二极管，则调节电压为 8.1-15.3-29.7V。热敏电阻的作用是使电压与温度相适应。

根据交流发电机接线柱的分布情况，标准调节器与交流发电机的连接有如下四种方案：

——如果交流发电机装有两个隔离二极管，则按图414中的方案I图接线；

——如果交流发电机装有一个隔离二极管，则按图414中的方案II图接线；

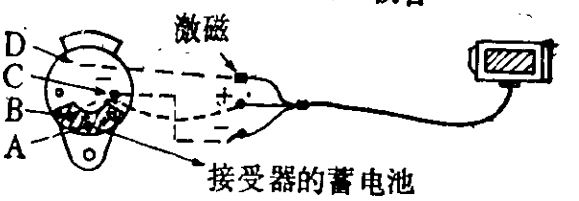
——如果交流发电机装有“trio”装置，则按图414中的方案III图接线；

——如果交流发电机没有装隔离二极管，则按图414中的方案Ⅳ图接线。

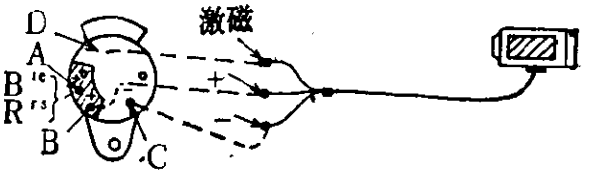
在接线I、II、III图中，超磁电阻接在交流发电机的辅助接线柱“+”与点火线圈“+”或点火开关之间。

输出大电流即电压为7V的交流发电机中，装有两个相并联的隔离二极管。除图414中所列举的四种情况外，还有其他特点的交流发电机和正极接地的交流发电机，与调节器的连接，需按制造厂的专门技术说明书进行。隔离二极管连接中的颜色根据二极管的不同型号而不相同。

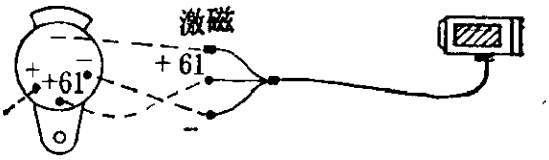
简图Ⅰ
两个隔离二极管



简图Ⅱ
有隔离二极管



简图Ⅲ
3个一组的信号装置



简图Ⅳ 至
无隔离二极管

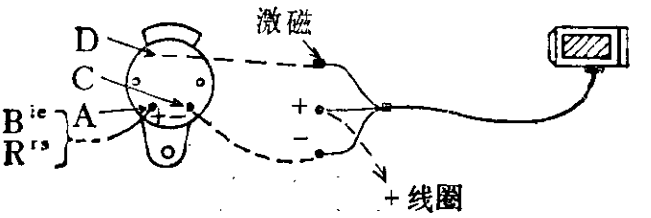


图414 调节器与交流发电机的连接

此外，按上述方案接线时，还需严格遵守交流发电机与调节器相连时一般注意事项。

接　线

整流二极管与隔离二极管全部安装在交流发电机的内

部，调节器安装在外部，全部为一个总体。为了使发电机工作正常，还需采取某些措施：

1．应防止交流发电机的转子，总是接在蓄电池电流上，磁场绕组要用直流电流或脉动电流因为整流二极管不是接在定子端上；

2．二极管和晶体管要防止过电压的危害（由于接有图413 中的二极管 D_1 与 D_2，这种保护的部分已经实现）；

3．为使交流发电机正常发电，如果有可能，一开始就为交流发电机激磁提供蓄电池直流电流；

4．司机通过指示灯、电压表、电流表或指示器了解确实在充电。

上述所有要求都能通过下述装置得到满足：

——隔离二极管或“trio”装置，它们是交流发电机的组成部分之一；

——点火开关或起动开关，可利用它们的闭合或断开自动担负这一工作但起动开关只有短时的作用；

——油压开关，出现油压时切断电路，而油压本身又是发动机的工作不可缺少的；

——蓄电池开关，但要有措施防止装置受到电压损害，因为当电路断开时可能产生对半导体有危险的超电压；

——极性保护装置，如果蓄电池被接反，保护装置会阻止蓄电池与交流发电机相连，蓄电池被接反对直流发电机会造成严重危害，而对交流发电机的危害就更大了，因为交流发电机内的半导体元件是最怕过电压的。

上述各装置中需采用哪几种，或不需要采用哪几种，要根据交流发电机的各种接线方案和发动机是汽油发动机还是柴油发动机等具体情况而定。这里只介绍可采用的装置。

使用控制发动机装置

需采用何种控制装置要根据发动机是汽油发动机还是柴油发动机而定。汽油发动机是借助点火开关（它同时也是起动开关）来起动的，柴油发动机是借助起动开关起动的（至少是在电气方面）。因此有两种情况可以考虑：

（1）汽油发动机。这种发动机又需根据它是否装有隔离二极管而分为两种情况。

如果装有一个隔离二极管，则不存在安全问题，准确地说，不存在转子的安全问题（若没有这个隔离二极管，转子在发动机停止运转时就会有2A左右的电流通过）；但是存在如下两个问题，一是交流发电机的起始发电问题，一是使用指示灯的问题。这两个问题都可按图415接线而获得解决，图415中的A、B、C、D都是交流发电机的四个接线柱，其中B是辅助接线柱。在图414中的接线方案I与II中看到这四个接线柱。在图415中可以看到：

——防止蓄电池电流反馈是由隔离二极管来实现的；

——当关闭点火开关时，磁场绕组是通过激磁电阻来供电的；

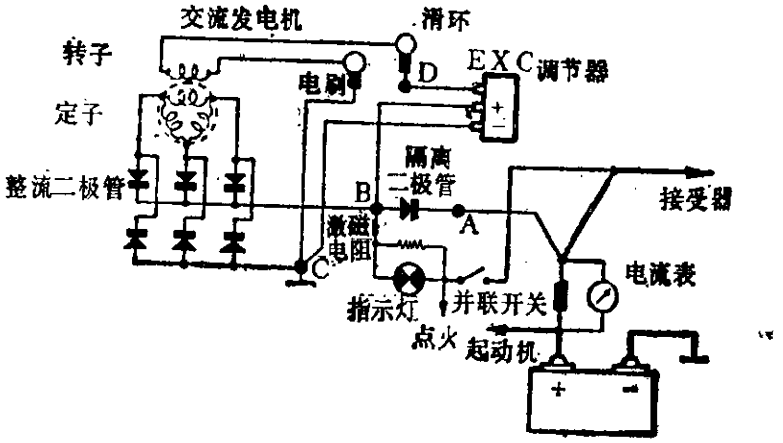


图415　接有隔离二极管的汽油发动机的线路

——当点火开关闭合时指示灯发亮，当交流发电机充电时则熄灭，以此表明交流发电机的工作情况；

——如果发动机因缺少汽油而停止运转，则点火开关闭合，指示灯发亮，但是反馈电流经过激磁电阻与指示灯而受到限制。

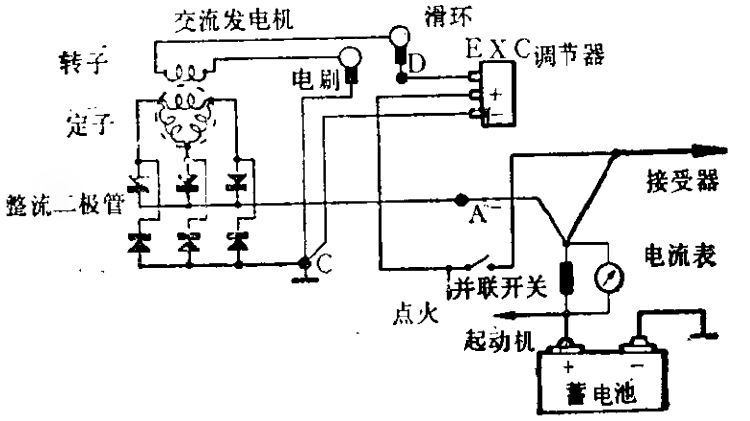


图415　无隔离二极管的汽油发动机的线路图

如果未装隔离二极管，则制造厂建议按图416接线，图中A、C、D是交流发电机的接线柱(在图414中的接线方案III图可看到这三个接线柱)，有时还接有电压表。从图416中我们可看到：

——通过断开点火开关保证防止电流向转子中反馈；

——通过点火开关闭合保证交流发电机的激磁，因为转子全部由蓄电池供电；

——交流发电机的工作情况不能通过指示灯来显示（除非接有继电器或其他类似装置），但可由电压表(图416中未标出)或电流表来代替；

——如果发动机在点火开关闭合时停止运转，则需重新起动发动机或者断开点火开关，否则时间长了蓄电池的放电是不可忽略不计的。

（2）柴油发动机，即没有点火开关的发动机。在这种发

动机中，采用的是油压开关，该油压开关与图413所示的装有4根输出线的调节器相连接。根据发动机是否安装有隔离二极管，可有如下两种接线方案，如图417或图418所示。

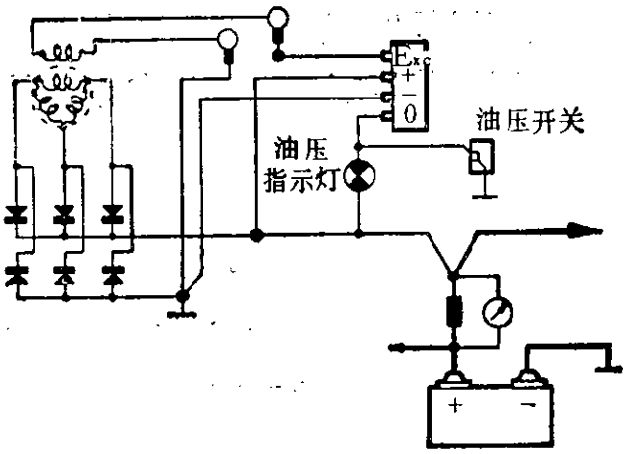


图417　未装隔离二极管而接入油压开关的柴油发动机线路图

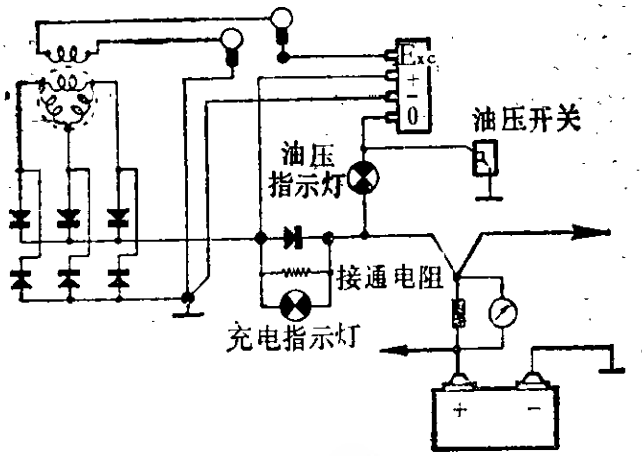


图418　接入隔离二极管和油压开关的柴油发动机接线图

在图417所示的接线方案中，未装隔离二极管，当油压开关显示油压被切断时，一方面切断油压指示灯，另一方面接通磁场绕组电路。接通磁场绕组电路的过程是这样的：当油压开关将电路接地时，如图413中所示，该油压开关使齐纳二极管Z短路，导通晶体管T_1，T_1又使晶体管T_2截止，从而切断磁场绕组电路。因此，当没有油压时，只有反馈电流能够经过电阻R_4和晶体管T_1，也就是只有1/10左右反馈

电流。当油压开关一切断接地，齐纳二极管就不再短路，晶体管 T_1 不再导通，T_2 导通，磁场绕组供电，发电机就发电。

充电信号装置可以是电压表，也可以是电流表，当发动机停止运转时，油压开关切断磁场绕组电路，并使油压指示灯工作。

蓄电池开关

为了保证交流发电机的半导体元件不受损害，制造厂要求用双刀开关来代替普通用的单刀开关，双刀开关不仅能切断蓄电池的主电路，还可切断调节器的正极供电电路。它应首先切断调节器，然后再切断蓄电池主电路。其接线方式有两种：图 419 是装有隔离二极管的接线方案，图 420 是未装隔离二极管的接线方案。当普通汽车上采用后一种接线方案时，必须使蓄电池的双刀开关和点火开关协调一致，而这是很容易做到的。

事实证明，无论是汽油发动机还是柴油发动机，都可采用蓄电池双开关。

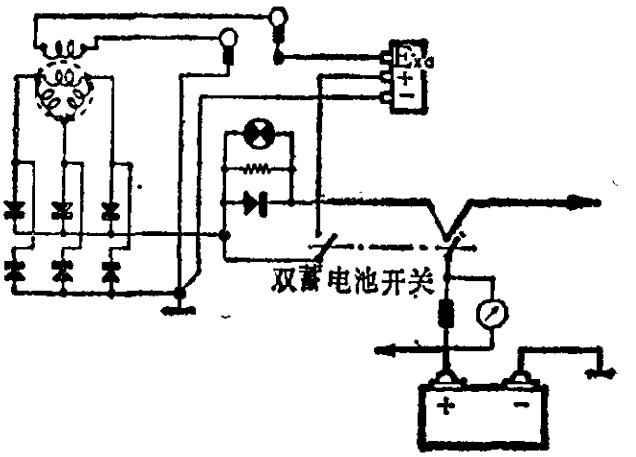


图419　装有隔离二极管和蓄电池开关的接线图

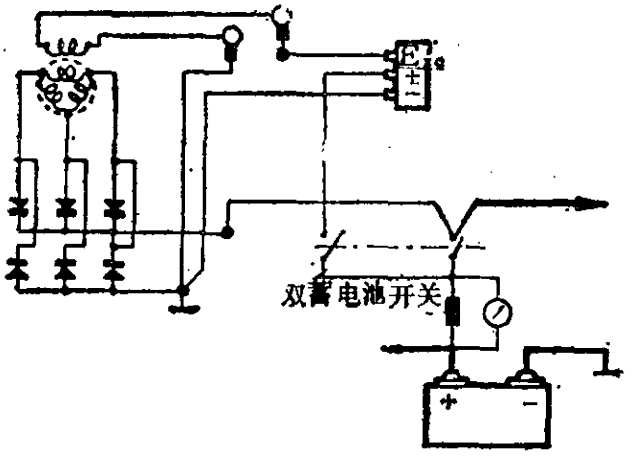


图420　未接入隔离二极管而装有蓄电池开关的接线图

极性保护装置

上面曾经讲过蓄电池被接反时所产生的危险。因此制造厂建议接入一个极性保护装置。

斯埃沃·马夏尔公司建议采用如下三种极性保护装置的接线方案：

图 421 中的极性保护装置是一个继电器，该继电器只有当它的电磁铁被一个二极管按一定方向供电时，才能关闭蓄电池电路；若按另一相反的方向为电磁铁供电，则电流不能通过，所以继电器不会关闭。也就是说，该继电器只有当蓄电池正常方向接通时才闭合。

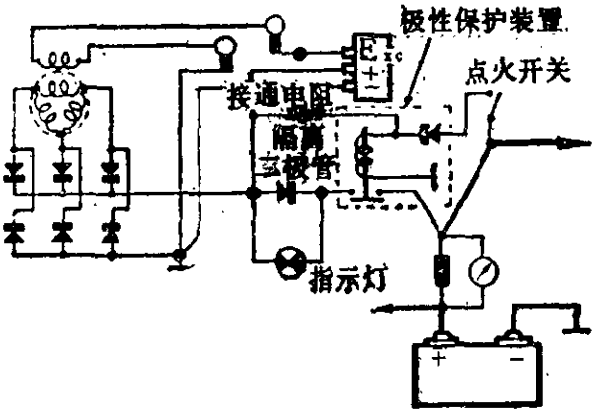


图421　装有隔离二极管和极性保护装置的汽油发动机的接线图

在第一种接线方案(图 421)中，极性保护装置与隔离二极管、指示灯以及激磁电阻相连，在继电器的线圈上可以看到它们的连接情况。其工作原理如下：如果接线正确，也只有在这种接线正确的情况下，当关闭点火开关时（假设是汽油发动机），继电器线圈供电，蓄电池主电路因之关闭。与此同时，部分电流通过激磁电阻被送到磁场绕组中去。当交流发电机发电时，也就是当它的电压大于蓄电池的电压时，则由交流发电机通过激磁电阻线路将电流送到继电器线圈中去，使继电器保持闭合。当切断点火开关时，才停止工作。

第二种接线方案中的发动机是用于柴油发动机，极性保护装置的接线方式仍可用图 421 来表示，只要将点火开关改换成起动开关就行了。起动开关在交流发电机运转时被断开，并不会改变极性保护装置的工作特性，因为交流发电机在运转时通过激磁电阻为继电器供电。

第三种接线方案中的发动机仍是柴油发动机，而交流发电机没有安装隔离二极管。在这种接线方案(图 422)中，极性保护装置中增加了一个二极管 D_2，当关闭起动开关时，蓄电池电流(假定蓄电池接线正确)经过二极管 D_1，使继电器闭

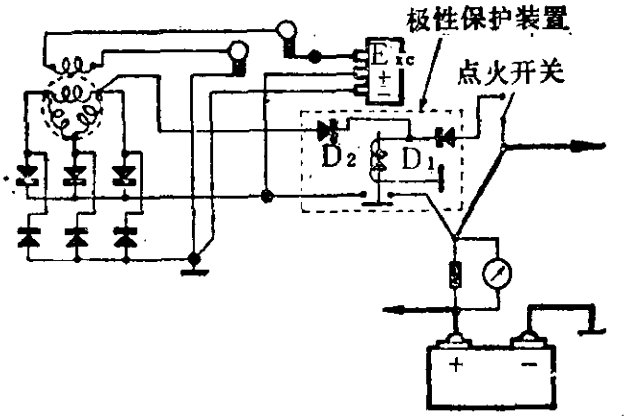


图422　无隔离二极管而装有极性保护装置的柴油发动机接线图

合。电流经过调节器进入磁场绕组；交流发电机发电，并通过二极管 D_2 为继电器供电。当交流发电机停止运转时，电流既不能进入继电器线圈，也不能通过 D_1 和 D_2，于是继电器被断开。所有电路亦随之被切断。信号显示工作则由电压表或电流表担负。

上述保护继电器已不再生产。目前，极性保护是由一个二极管与一根保险丝所组成的电桥来担负的（见图 423）。

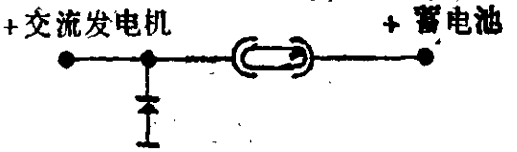


图423　极性保护装置

注 意 事 项

制造厂要求遵守如下几点注意事项：

——不允许交流发电机或调节器的激磁接线柱接地；

——不允许干扰连接调节器的导线；

——不允许在交流发电机运转时断开调节器或蓄电池；

——不允许在断开蓄电池之前拆卸交流发电机；

——当调节器未与交流发电机的“－”极相连时，不允许使调节器投入工作；

——在未接通蓄电池之前，不允许在汽车上或在试验台上对交流发电机-调节器系统进行试验。

五十六、斯埃沃·马夏尔交流发电机

图424是接有隔离二极管的斯埃沃·马夏尔交流发电机的电路图，图中可以看到：呈三角形连接的定子6，转子5及其两个滑环3与两个电刷4，调节器2。定子与蓄电池1的连接是通过6个整流二极管与隔离二极管11来实现的，中间经过电流表12（该电流表可以取消而由一个简单的导线来代替）。点火开关9（它通过导线10为线圈供电）与交流发电机的"+"导线相连，中间经过互相串联的电阻7与指示灯8，它们可以切断隔离二极管11。

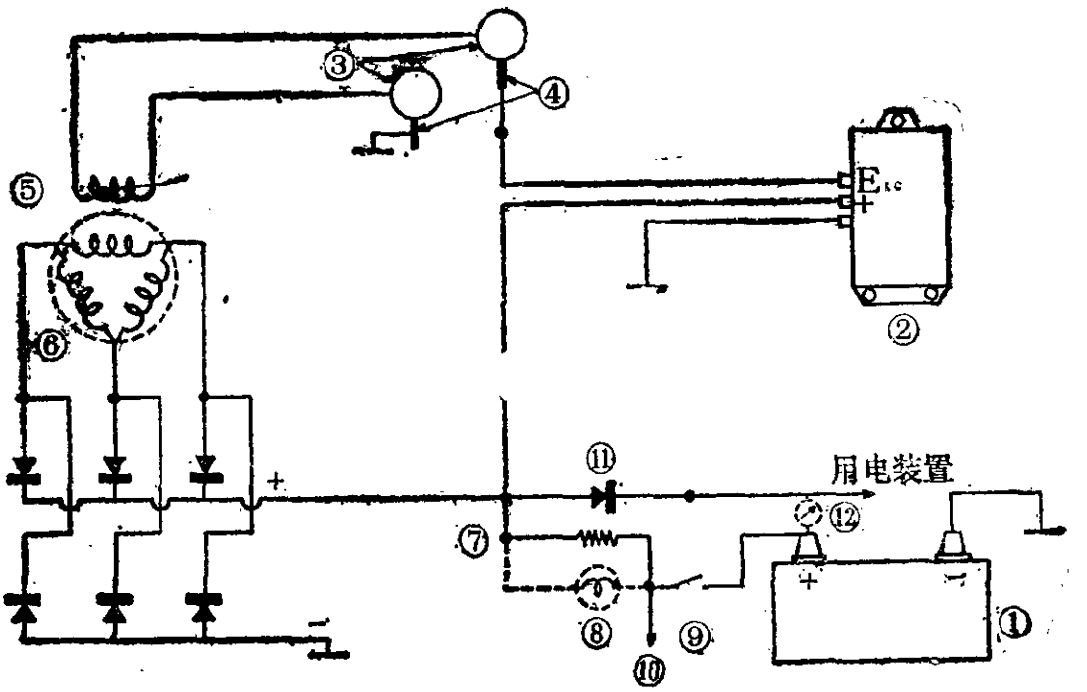


图424　装有隔离二极管的线路图

图 425 是斯埃沃·马夏尔交流发电机的外形图。

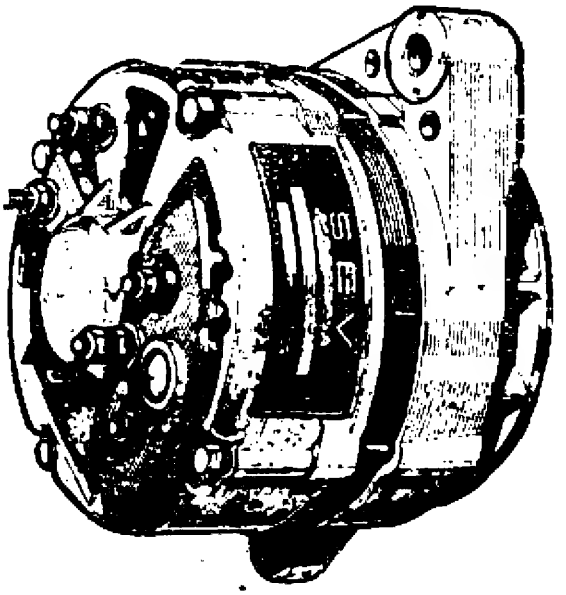


图425　斯埃沃·马夏尔交流发电机

隔离二极管的三个主要作用如下：

——当发电机在点火开关未切断的情况下停止运动时，如果不通过可恢复到一个合理值的电阻7，则要避免蓄电池向磁场绕组放电。

——在起动时，点火开关闭合，磁场绕组通过电阻7得到供电，从而加速接通交流发电机。

——在起动之前，点火开关9闭合，指示灯发亮，因为电阻7的两端存在电位差（这时电流从蓄电池出发，通过调节器，进入磁场绕组）。当交流发电机通过隔离二极管11供电时，二极管11切断电阻7与指示灯8，指示灯熄灭。

但是，还有三种型号的交流发电机没有隔离二极管，在这种情况下，就接入一个电流表，如图424所示，并取消电阻7和指示灯8，调节器2的“＋”极通过“＋”导线与点火开关9相连。当发动机停止工作时，点火开关切断磁场绕组电路。

电子调节器

这种调节器没有任何触头，包含一个齐纳二极管、两个晶体管和一个热敏电阻，该热敏电阻可随温度的变化调节电压。由于充电电压会随着蓄电池温度的变化而变化，所以电子调节器应安装在靠近蓄电池的地方。

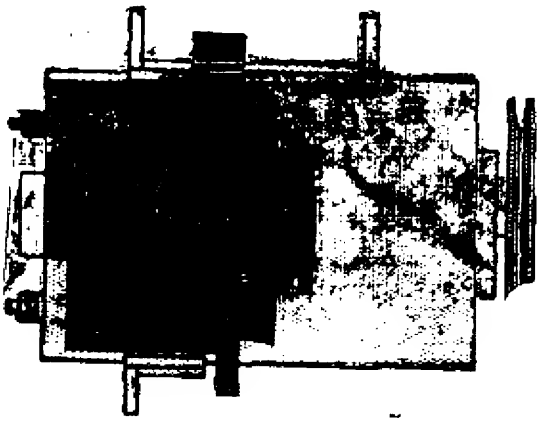


图426　交流发电机和直流发电机的比较

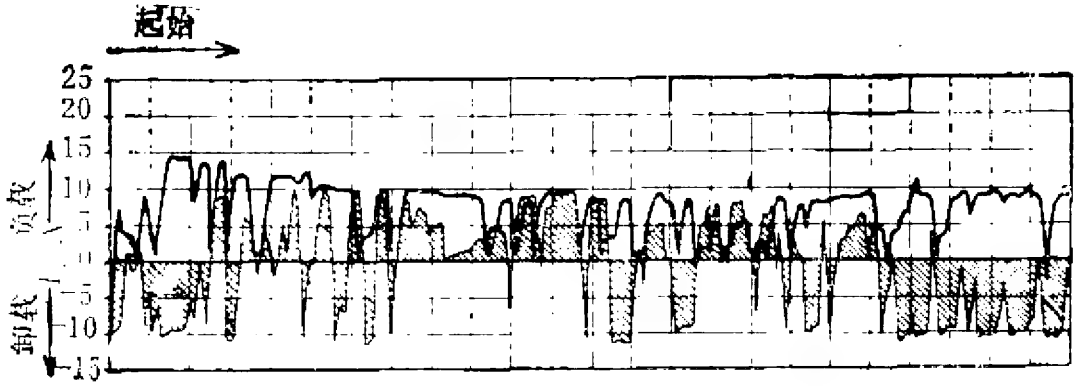


图427　使用交流发电机和直流发电机的比较曲线

（粗线为交流发电机）

五十七、带双输出线的斯埃沃·马夏尔交流发电机

二极管连接片及其原理

在原理上，请不要混淆整流二极管与隔离二极管，在三相交流发电机中，有6个整流二极管，在某些单相交流发电机中只有2个整流二极管；没有隔离二极管，通常只有二极管，安装在交流发电机内部(当然也可安装在外部)，与整流二极管组相串联，但有时也可安装两个隔离二极管。不过，安装有两个带单输出线的隔离二极管的连接片，与安装有两个带双输出线的隔离二极管的连接片的接线方式有着根本的不同(见图428)。

两个相并联的隔离二极管的连接方式如图428中的A所示。带双输出线的两个隔离二极管同样也是并联的，但是每一个二极管各与一根极性相同的输出线相连，这两根输出线又各与一个蓄电池的电极相连，如图428中的B所示。仅带一根输出线的隔离二极管可以成倍增加，其目的或者是为了调整在特定的电流强度情况下二极管的工作性能或者是为了在电流不稳定时提高其安全性。

在图429中看到(深色的扇形形式)这种获得专利的斯埃沃·马夏尔双输出线的二极管连接片。它可安装在原先安装带一根输出线的二极管的连接片的位置上，但是它也可安装

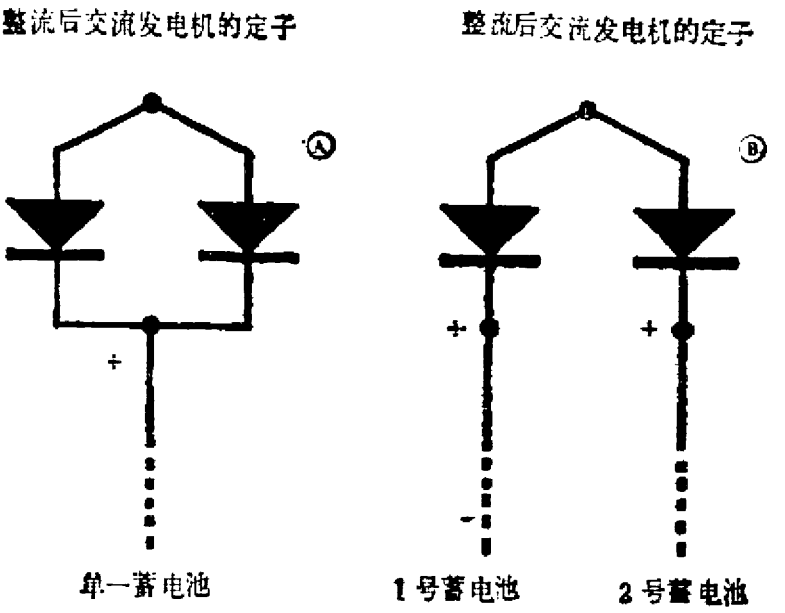


图428　隔离二极管

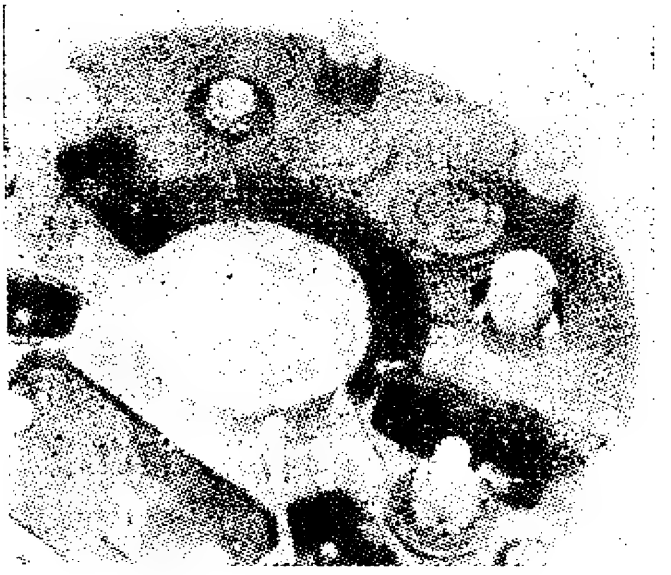


图429　斯埃沃·马夏尔双输出线的二极管连接片

在没有隔离二极管的交流发电机上，不过要更换调节值不同的调节器，原因是隔离二极管要消耗一定的电压。

安装有隔离二极管的船用交流发电机有两种带有双输出线的二极管连接片的型号：一种型号适合正极接地，另一种

适用于负极接地。同样，对于那些非船用交流发电机，即14V-30/40A或28V-24/27A的交流发电机来说，二极管连接片也根据其接地方式的不同而分成两种型号。

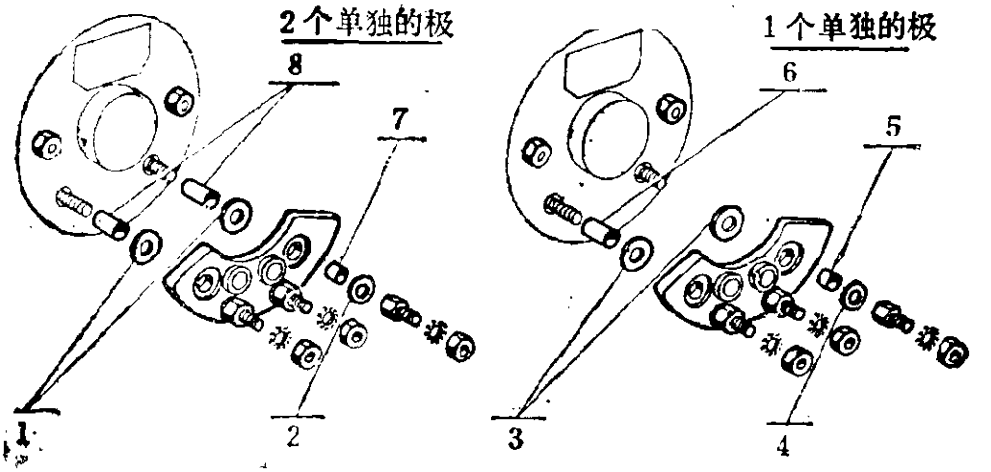


图430　二极管连接片安装图

1、2、3、4.绝缘垫片；5.二极管连接片的绝缘体；6.绝缘套筒；7.二极管连接片的绝缘体；8.绝缘套筒

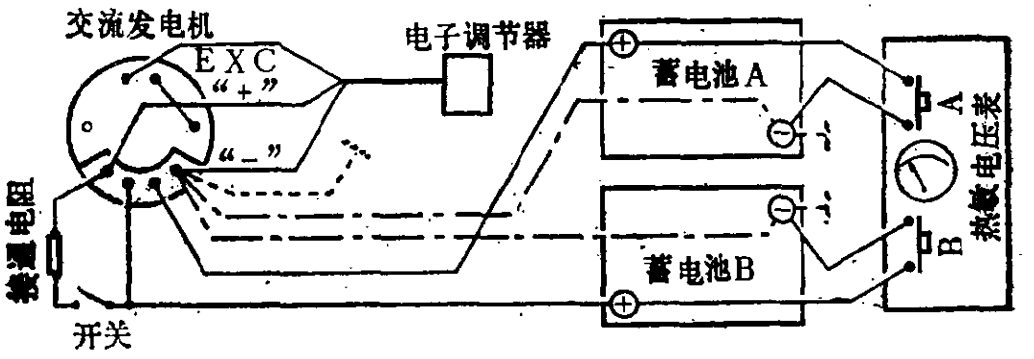


图431　交流发电机、电子调节器和蓄电池A、B的连接(负极接地)

图431表示交流发电机电子调节器和蓄电池A、B的连接情况。图中标有点火开关与电压表，该电压表可随时用来检查蓄电池A或蓄电池B充电时的电压，从而可以确定蓄电池的电解液面。交流发电机上所标的接线柱是：上面两个是磁场绕组的接线柱，中间的两个分别与＋极和－极相连（位

于整流二极管与隔离二极管的正极之间)；下面中间的两个是经隔离二极管后的两根“+”接线柱；连接片两端的两根接线柱中，有一根是+接线柱，另一根是一接线柱（位于整流二极管与隔离二极管的正极之间)。开关表示的是接通电阻。

五十八、与交流发电机相匹配的斯埃沃·马夏尔机械式调节器

简　介

机械调节器(见图 432 与图 433)主要包括：

——振动臂 M，它有三个动作位：F_1，3 与 F_2，可通过弹簧 T 向 F_1 移动，通过绕组线圈磁吸力向 F_2 移动。

——电压线圈 B_1，其电流与调节器正负两端的电压成比例。图 432 中的细线圈就是电压线圈。

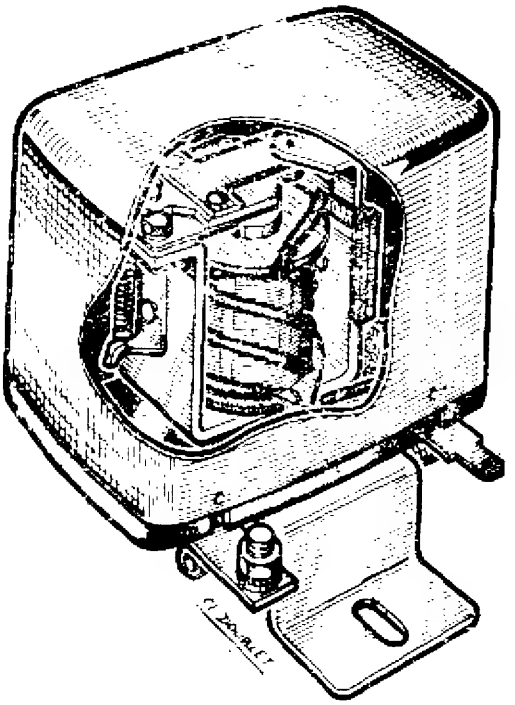


图432　斯埃沃·马夏尔机械式调节器

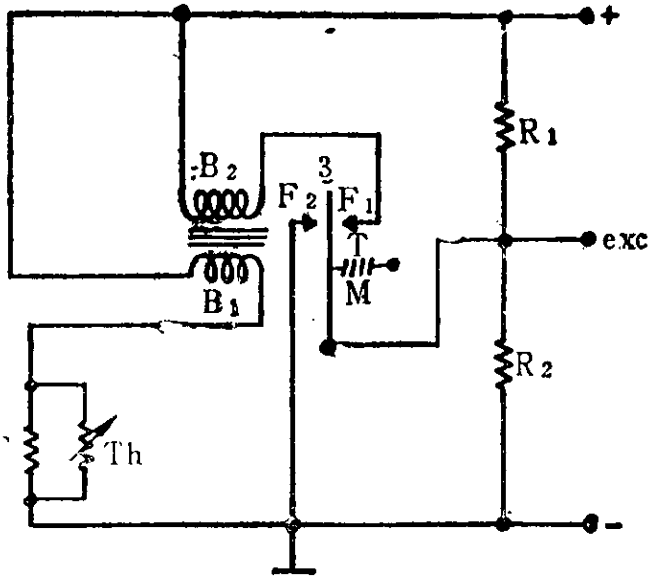


图433　斯埃沃·马夏尔机械式调节器线路图

——调节线圈 B_2，它的磁性是由 B_1 提供的，只有当M与 F_1 相接触时，才能与电路相通。它与接在调节器接地极与激磁接线柱之间的磁场绕组相串联。当M与 F_1 断开时，调节器的线圈磁吸力减弱，图432中的粗线圈就是调节线圈 B_2。

——固定触头 F_1 与 F_2，它们分别与调节粗线圈和接地极相连。

——调节电阻 R_1，当电压增大，即当M被线圈所吸引时，该电阻 R_1 与磁场绕组相串联。

——保护电阻 R_2，当 M 与 F_1 断开即当磁场绕组电路的电流降低时，感应电流可在该电阻中放电。

——热敏电阻 Th，它与调节电阻 r 相并联，与 B_1 相串联，以便保证热补偿。

特　　性

这种调节器具有如下特性：

——它只有一个电压调节部件即粗线圈；而直流发电机

包括继电器在内一般常有三个线圈。

——根据M的不同位置(F_1，3或F_2)，磁场绕组电路有三个电阻值。构成这三个电阻值的连接情况分别如下：①M与F_1与B_2直接与“+”极与磁场相连；②M处于中间位使R_1与磁场相串联；③当F_2与M相接触时使磁场形成短路。

——负载与空载时的电压稳定性，是通过与螺旋弹簧相连的挂角进行调节保证的。

——热补偿是通过一个双金属簧片来保证的，该簧片的弹性随温度的变化而变化。

——触头是由特种合金制成的，可提高工作寿命。

——电压调节线圈B_2保证很高转速的工作机动性(灵敏性)。当触头F_1与M接触时，该线圈可增大磁性。

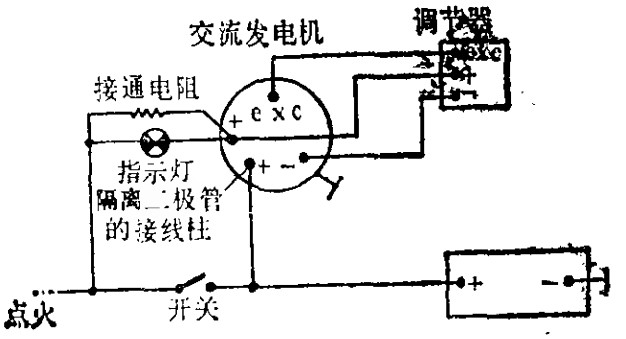


图434　机械式调节器一般接线图

工作原理

对电压变化很敏感的线圈B_1作用于动触头M，而M又根据下面三种不同情况在固定触头F_1与F_2之间摆动：

——当蓄电池的端压稍高于调节电压时，动触头M与F_1相接触，电流直接从蓄电池出发通过B_2、F_1与激磁接线柱(EXC)进入磁场绕组。最大激磁电流约为2A。当M与F_1相

接触时，B_2产生的磁吸力补充到B_1产生的磁吸力中去，当M处于中间位或与F_2相接触时，B_2的磁吸力消失。

——当蓄电池端压比调节电压略高时，动触头M与F_2相接触，磁场绕组通过F_2与"—"极短路。激磁电流为0。

——当蓄电池端压明显地与调节电压相同时，动触头M停在中间位3，磁场绕组电流通过R_1。这时得到的平均激磁电流约为0.95A左右。

接　线

对于装有一个隔离二极管的交流发电机来说，调节器通常按一般接线法接线，如图434所示。

注：目前，双级调节的机械调节器已被单级调节的电子-机械混合调节器所取代(见第六十一章中的Frida型调节器)。

五十九、斯埃沃·马夏尔 FRED 无电刷交流发电机

优　点

这种交流发电机的优点可概括如下：

——取消了滑环和电刷，继续保持了磁场绕组电路的优点，而对交流发电机无需进行保养，因为它的滚动轴承是密封的，并且只需在安装时涂一次润滑油就行了。

——来自电刷在滑环上的摩擦而产生的无线电干扰因而可以消除。

——由于磁场电路的线圈静止不动，转子的转动惯量(惯性矩)减少了约33%。从而可使转速增加22%，因而比功率(单位重量的功率)可达到一个很大值。

——取消滑环和电刷，有利于研究减轻发电机的重量与缩小它的体积。

——这种交流发电机便于在潮湿或灰尘很多的环境中工作，特别是在海洋中工作。

原　理

可从图435的两个剖面图中了解到这种弗来德交流发电机的结构原理。

剖面图Ⅰ为带有转动式磁场绕组与爪极的普通交流发电

机。图中被切断的导线用细点表示，转动部分(极与绕组)用斜线表示。绕组与极组成一个整体同时转动。图中标有滑环与电刷，但未标出整流二极管。但可看到转子爪极的特有的重叠。

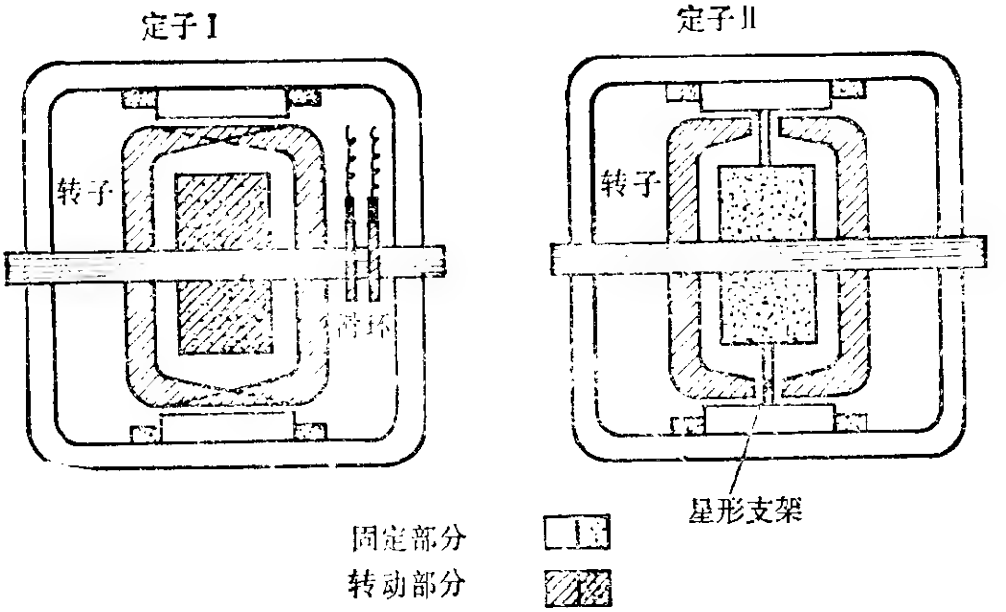


图435　带电刷的普通交流发电机(Ⅰ)和弗来德(Fred)交流发电机(II)中的转动和固定部分的原理图

剖面图II为弗来德交流发电机。可从图中看到磁场绕组是与转子轴分开的，并悬吊在定子中，位于转子极之间，通过钻销钉来固定。很明显，绕组的星形支柱的存在不允许爪极间互相穿插。于是对爪极实行“切割”，使之缩短，以免它与绕组支柱“相碰”。

这种不要电刷的电枢的交流发电机，既保持了普通交流发电机的结构原理，又有自己的不同制造技术(爪极被缩短、支柱的支撑可进入某些定子槽)。

磁性和电子技术方面的考虑

在磁性方面，弗来德交流发电机在工作原理上与目前其

他普通交流发电机相比具有如下不同之点：

——磁通量在定子中的流动方向与普通交流发电机不同，后者的磁通量周期性地随电极的变换而换向；

——线圈附近的定子铁芯中的磁通量经过的面积增大了；

——线圈中的磁通量增加约50%；

——转子磁漏减少约40%；

——由于磁通量顺着组装方向经过部分铁芯，干扰线圈增大了。

乍一看来，这种交流发电机好象是双单极交流发电机，因此，它的转铁的厚度可以是普通交流发电机的两倍。制造厂最大限度地利用了这一特点。

磁通量的流动情况表明：从线圈的输出端出发的磁通量，进入铁芯的一半厚度，然后逐步向该铁芯的全宽范围扩展。这一作用已被用来改变定子槽形。接近线圈处，每个定子槽齿宽度最大，在根部，其宽度减少50%左右。因此，定子槽形成梯形，定子槽的形状为三角形。

对于专门用于汽车的交流发电机来说，进入定子中的磁通量为定子铁芯饱和所限制，因此，增加接近线圈处的定子齿的宽度是很有利的，因为它可使通过的磁通量增加约50%，同样，可使线圈空气中的磁感应值增加约50%。

这一作用可使转铁的宽度大大减小，而有利于纯粹的双单极交流发电机，因为这种交流发电机在相同的转速下可获得与普通交流发电机相同功率，而如果利用前面所讲的优点，即利用通过电枢惯量的减小，来增加转速，则所获得的功率比普通的交流发电机更大。

结　构

弗来德交流发电机的外表与旋转绕组交流发电机相同，如图 436 所示(剖面图)。

图436　斯涅沃·马克尔弗来德交流发电机剖面图

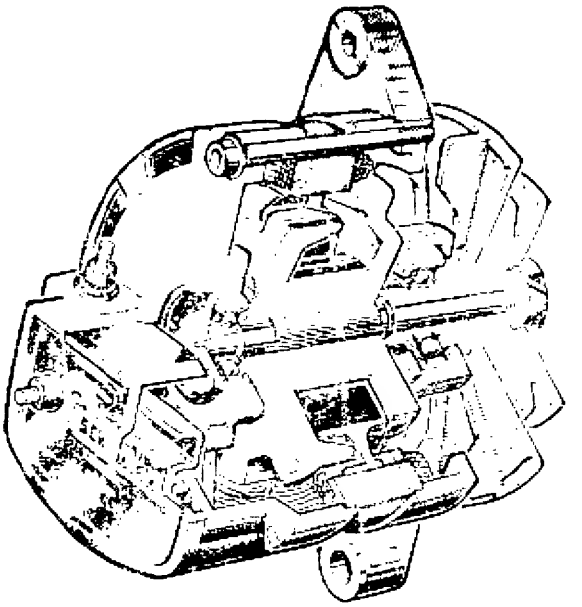


图437　弗来德交流发电机剖面图

弗来德交流发电机由如下各部件组成：

——定子，它是用正常方法将导线绕在具有36个三角形槽的铁芯上而组成的。剖面图中可以见到。

——感应线圈，它通过星形支柱而固定在定子上。图436中的黑色线圈就是感应线圈。它与转子不是连成一体的，只要轻轻地转动一下，即可看出这一点。

——交替爪极式转子，其爪极是被缩短了的，以便在它们的两端留出足够的距离，保证线圈支柱小面积的支撑通过。滚动轴承是密封的，只需上一次润滑油。

辅助部件有：

——位于图436左端的二极管盒内通常安装有6个为定子电流整流的二极管；有时有9个，其中3个是为指示灯用的。这些二极管都是开关式(bouton)二极管。这个盒上有4根接线柱：两根大的，两根小的，大的接线柱中有一根是交流发电机的正接线柱，另一根是在交流发电机内部接地的负接线柱；小接线柱中一根是接调节器（可以是电子调节器也可以是机械调节器)的，另一根是接指示灯的(假如有指示灯的话)。

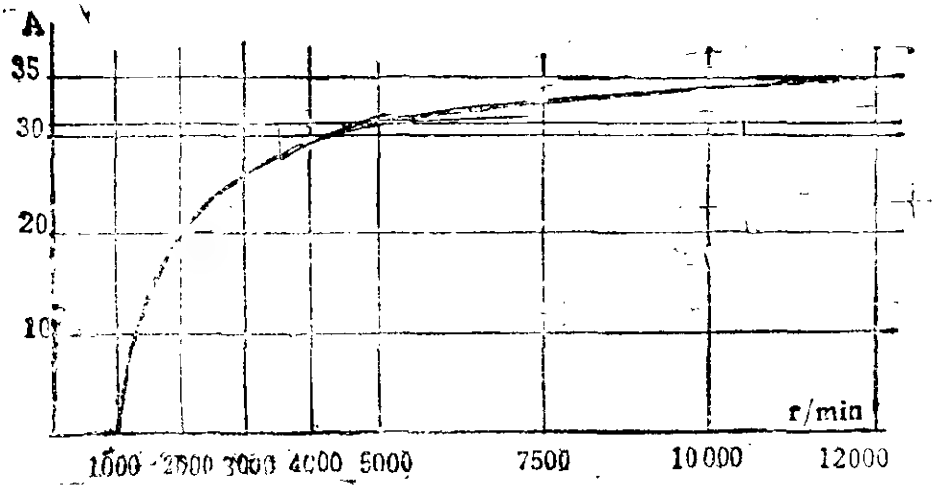


图438 弗来德交流发电机电流特性曲线

——位于图 436 右侧的是皮带轮。

特 性 曲 线

本章所介绍的交流发电机的额定电压为12V，额定电流为30A，图 438 是电流特性曲线图。直径为 120mm，重量为 3.6kg。

六十、斯埃沃·马夏尔电子调节器

结　构

该调节器安装在一个盒子里，盒子周围安装有散热片。功率晶体管也安装在这个盒子中(图439)。这种调节器可根据它的外形尺寸与接线方式直接安装在弗来德交流发电机的后端盖上。它还有另一种型号，连接有一根长导线，便于安装在交流发电机以外的地方。

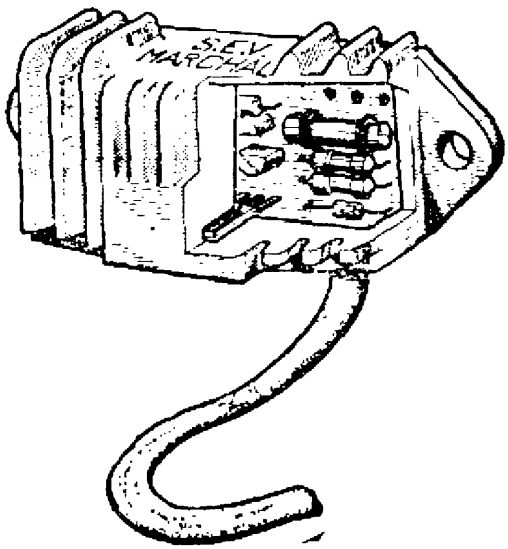


图439　斯埃沃·马夏尔电子调节器

图440是这种交流发电机的内部线路图。可从图中看到控制交流发电机激磁电路电源的功率晶体管T_3与DF接线柱相连。晶体管T_3本身由装在放大器上的T_2来控制。T_1根

据齐纳二极管 DZ_1 所传送的电信息控制 T_2。齐纳二极管接在 T_1 的基极与分压器之间，该分电器一方面由 R_1 与 RA，另一方面由与热敏电阻 RTH 相并联的 R_2 所组成。

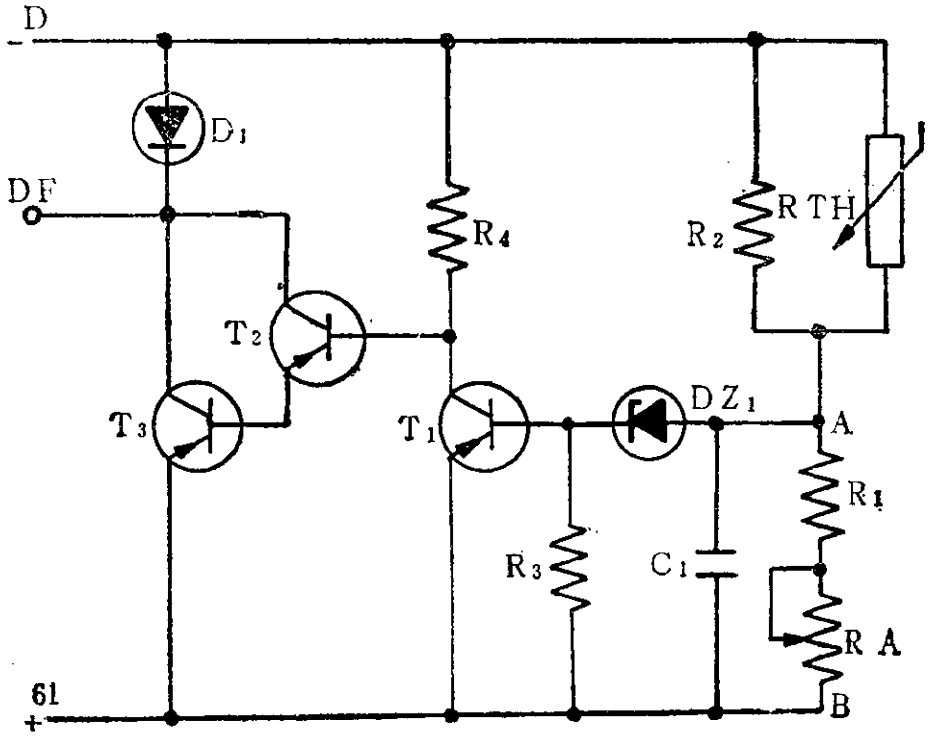


图440　调节器内部线路图

工 作 原 理

我们知道，当A、B两点之间的电压降增大到足以使DZ_1两端的电位差达到临界值(齐纳电压)时，晶体管 T_1 导通，并关闭 T_2 与 T_3；交流发电机的激磁电流被切断。这时，交流发电机不再供电，B点的电势降低，从而导致A、B两点之间的电压降减小，使 T_1 关闭，T_2 与 T_3 导通，以便恢复激磁电流，使交流发电机重新供电。要知道这种电路接线可能产生对调节器不利的波动现象。为了避免这一现象，便接入电容器C_1，用它来阻止波动，使整个电路处于平衡状态，以

便对交流发电机的电压实行调节。通过调整为DZ_1供电的分压器的各电阻的值，来改变调节电压。从图 440 中可以看到分压器的两个调节元件：可调电阻 RA 与热敏电阻 RTH。电阻 RA 是标定电阻，其电阻值是在工厂中一次调整好的。

热敏电阻 RTH 可使调节电压适应环境温度（调节器盒的温度）的变化，并能保证对蓄电池的最佳充电，从而起到保护蓄电池的作用。

图 441 表示这种调节器的调节电压的特性曲线，从图中可看到有一个根据调节器温度所确定的并通过热敏电阻获得的调节电压补偿。

二极管 D_1 反接在接地极与接线柱 DF 之间，其作用是保护晶体管免受反电压的危害。

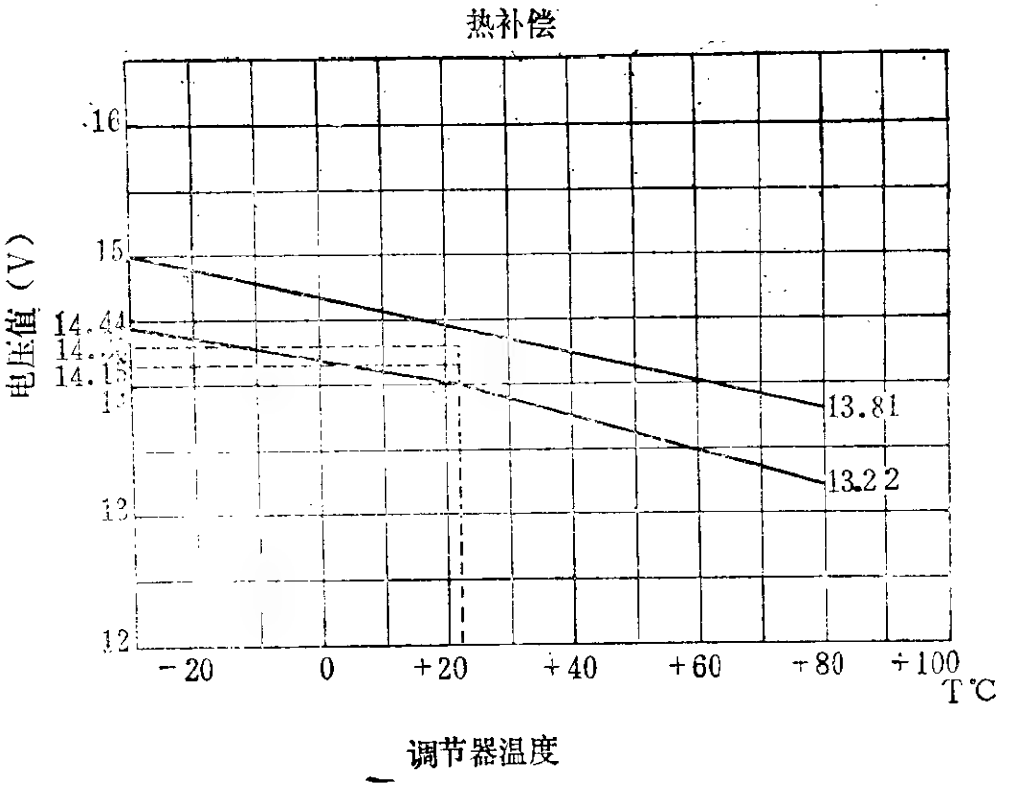


图441　调节器的热补偿曲线

六十一、单级振动式调节器
斯埃沃·马夏尔FRIDA调节器

原　理

弗雷达(Frida)调节器是单级结构，而传统的调节器则为双级结构。有必要从图442上再看一下双级调节器的电路和作用。可以看到衔铁P和它的三个位置（用1、2、3标志），调节器的电压线圈B，调节电阻R_1，阻尼（保护或吸收）电阻R_2。它们的作用：

当低转速或高负载时，衔铁趋向于停留在位置1；当中等转速或负载时，衔铁趋向于停留在位置2；当高转速或低负载时，衔铁趋向于停留在位置3。

事实上，衔铁经常迅速地从一个位置转到另一个位置，用这种方式来改变激磁电流以对付不希望有的电压变化。

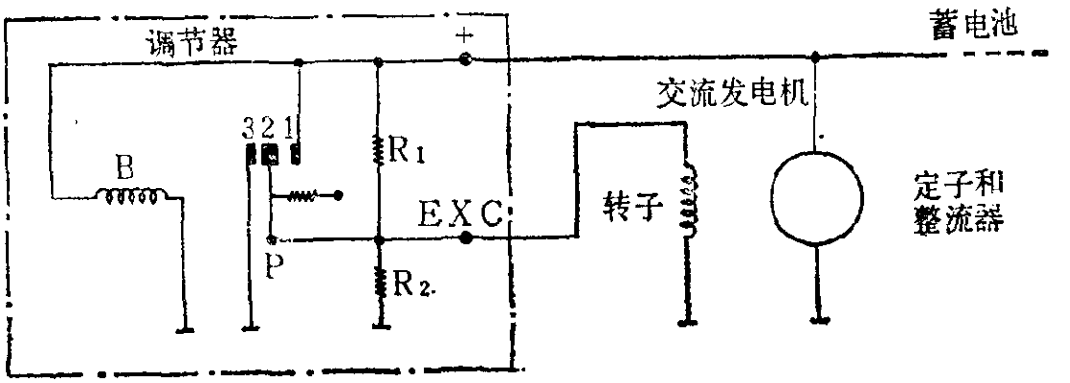


图442　双级电压调节器的电路

每次激磁绕组中电流下降时，它的自感应总会引起一个感应电流，它为电阻 R_2 所吸收，R_2 始终并联于激磁绕组两端，因此始终分流一部分电流，它在正常电压下显然是很小的。

关于这个作用有两点值得注意：

A．这种双级调节器的作用好象是一个三级变阻器，但在某些情况下，它由更复杂的组合来代替。和激磁绕组的电流调节有关联的这个变阻器引起：

1．释放热量，从线绕电阻的地方传导到有利于散热的地方，这就需要抓住阻塞、机械保护和通风装置问题加以考虑。这不仅对调节电阻，而且对吸收电阻都是需要的。

2．一个更长的衔铁行程，带有一个更呈开路的磁路，导致振动周期更长和更不固定，这样只要装上磁性金属盖子，就会引起调整数据改变。

B．变阻器的不利方式，导致对弗雷达调节器采用“开关方式”，也就是用脉冲电流来代替。它主要在于对电流变化的周期，或者对周期中电流流通的持续时间施加影响来取得实现调节所需要的激磁电流平均值。应用“开关方式”（或者差不多是这样）的脉冲有以下好处：

1．抑制释放大量热量。事实上有两个交替工作的电路，一个直接接通激磁绕组，另一个则接入一个大电阻把激磁电流几乎减小到零。用一个瞬时扩散装置来代替永久吸收电阻，即可做到这一点。

2．减小衔铁的振幅，并且实现一个几乎闭合的磁路，它对容易变化的强磁力线来说是最好的。

提供这些“哲学的”考虑以后，可以对弗雷达调节器进行具体的叙述了。

电 路 图

图 443 是弗雷达调节器的电路图，图中可以足够清楚地认出单级调节器的一些元件：

CT 是振动触点，它是闭合的，电阻 R_1 短路。

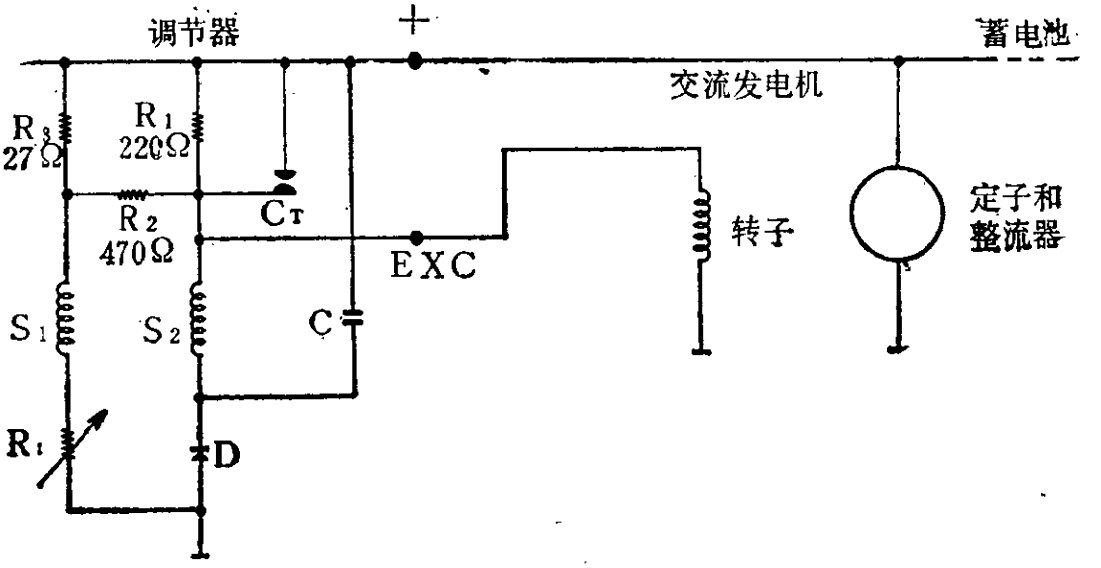


图443 弗雷达调节器电路图(按制造厂家图纸)

电压线圈有两个部分，S_1 是磁化线圈，S_2 是退磁线圈。

有三个电阻，R_1 为预热电阻(它不是调节电阻，它对振动触点所处的位置会被推测为是调节电阻)；R_2 为频率电阻；R_3 为调整电阻。R_1、R_2、R_3 的阻值分别约为 220、470 和 27Ω。人们看不到所谓的调节电阻。调节电阻是由这三个特殊电阻组合而成。图 444 表示两种组合方式A或B，根据触点是闭合还是断开，由这些电阻、激磁绕组和电压线圈S_1来实现。

热敏电阻 R_t 对线圈 S_1 提供一个恒定的电阻回路，当温度升高时电阻 R_t 的阻值减小，这恰巧与 S_1 的情况相反。

在退磁线圈 S_2 的电路中有一只二极管D，它只允许当触点 CT 断开时来自激磁绕组的自感电流通过 S_2，并起退磁的

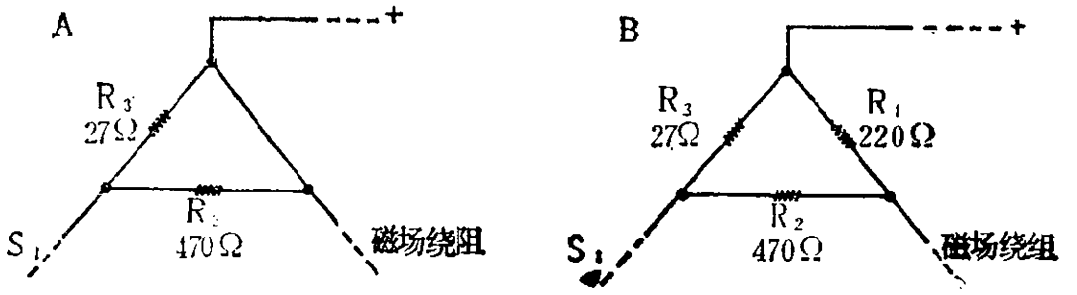


图444　电阻的两种组合

作用。二极管D的主要作用是为了得到明确的脉冲。

由线圈 S_2 和电容器C组成的电感-电容或"LC"回路，它具有振荡周期，并与触点CT的振动频率配合。它具有双重作用，一个是对触点断开起阻尼作用，另一个是抑制因触点断开而引起的对无线电收音机的干扰。

结　构

图445和图446是弗雷达调节器的照片。前者触点CT在右面，后者则在左面，这样提供了两个相反的视图。这些

图445　去了盖的弗雷达调节器，触点在右面。

图446 去了盖子带有电调节器，触点在左面。

照片可从制造厂家的图纸中的剖面图 447 看得更准确。在图447中，采用图 443 中已采用的标记，再加上另外一些标记。现在来说明这些元件在图 445 和图 446 中的位置，因为缺少其它一些标记，需要回到图 447 并以它为基础加以叙述：

在图 447 CT 处可见到振动触点。它与衔铁 P 有联系。触点由两弹簧片 LA 一起支持。上面一片是双金属片，它的作用后文要谈到。螺钉 VS 用来调整弹簧张力，也就是调节电压。这些都出现在图 445 和图 446 上。在图 445 中衔铁被磁路掩没，但在图 446 中它在磁路中显然可见。图 445 中触点出现在磁路上面直线部分的下面。

线圈 S_1 和 S_2 在铁芯 N 的周围，在一块用来接线的印刷电路板 Cl 的上面和下面，Cl 在图 445 中看来象是在 S_1 下面和 S_2 上面的一根白线。图 446 中 Cl 看上去还是象附在磁轮

两壁之间的一根白线，在调节器固定底板的上面。

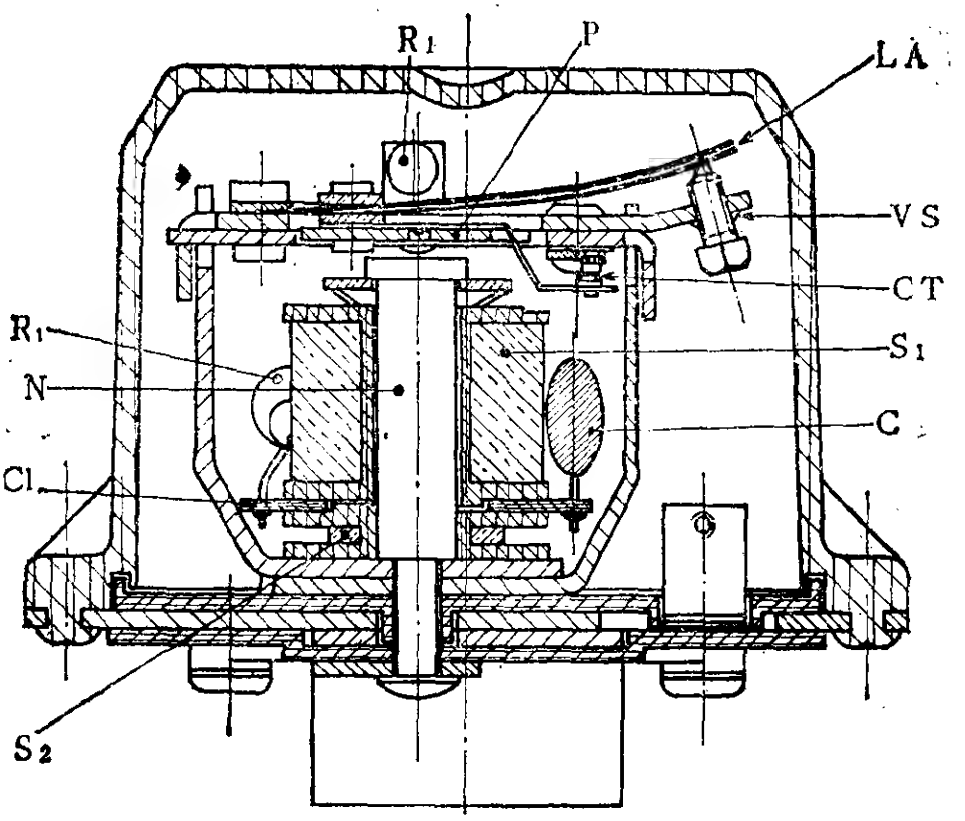


图447　弗雷达调节器剖面图(按制造厂家的图纸)

图447中电阻R_1只以剖面出现。在图445中它象斜放在弹簧片上的一个小巧的圆柱体，它在图446中看得更清楚。

R_2和R_3在图447中看不到，因为它们在剖面之前。在图445中可以看到它们焊接在印刷电路板Cl上。较大的一个是R_3，较小斜放的是R_2。

热敏电阻R_t在图447中是在S_1背后的那部分，而在图446中它附在S_1右面象一圆片；在图445中它差不多象在图447中一样。

二极管D在图447和图445中都看不见。在图446印刷电路板的一个凹槽上面可以看到它象一个小圆柱体用它的两

根连接线悬挂着。

电容器C可在图447和图445中S_1的右面找到它(样子象一个白式垂直的长梯形)。它的后面部分出现在图446中S_1的左面。

接线柱一个为“+”，一个为激磁绕组接线柱“EXC”。“+”接线柱是一个螺栓，备有一个弹簧垫圈和一个螺母。激磁接线柱是一个舌形片。这两个接线柱可在图445中看到，“+”接线柱在调节器底座的左面，而“EXC”接线柱在右面。

由触点控制的结构

有相当于触点闭合和触点断开两种情况(图443)：

触点闭合——在此瞬间，即当衔铁还未被线圈吸动时，触点使电阻R_1短路(见图444A)。激磁绕组直接由电源电压供电。磁化线圈S_1接在R_2、R_3两个并联电阻的连接点，它的电流为可能获得的最大值。由于二极管D的缘故，S_2中没有电流，被触点CT短路的电容器C中也无电流。

触点断开——电阻R_1接入电路，R_1、R_2和R_3组成如图444B所示电路的三角形。激磁绕组不能直接由发电机供电，而要通过较大的电阻，包括电阻R_1和R_2+R_3两者并联。激磁绕组的电流和两端的电压减小到接近为零。电流从“+”经两个并联支路R_3和R_1+R_2而流到磁化线圈S_1，同样也可以说，在所示结构中S_1中的电流被R_2和激磁绕组两组串联后所分流，所以S_1产生的磁性减弱。

激磁绕组中的电流实际上减小到零，人们也许会想，为什么触点断开完全不导致激磁中断。所述结构的优点就是把激磁绕组上的电压向零减小，而避免由于不折不扣的中断所造成的“电爆”。

触点断开瞬间——对激磁绕组而言，触点断开产生一个从最大电流到电流几乎减小到零的过程。这就是所以会有一个断开感应电流的缘故。此外，触点的断开伴随产生一些典型的交替现象。那时候有两个回路进入工作，它们在两个结构中没有动作，然而它们在从这一回路到另一回路中相互干预：DS_2 是退磁回路，其中D允许感应电流通过；CS_2 是振荡回路，它减弱了断开电压。

工 作 方 式

除转速极低时磁性不足外，系统的正常工作方式是衔铁的振动。激磁绕组的两端电压按一可变的周期（取决于负载电流*和转速）反复在两个极限电压(最大值和零)之间变化。这个电压是脉动的。电压调节同时用两种方式来实现：改变振动周期和对该周期而言相对地延长施加最高电压的时间。

保持闭合的相对时间越长，施加的平均电压就越高，从而激磁电流的平均值也越大。

电压调节有好几个因素，它们是：激磁绕组——蓄电池耦合所得到的电压，触点断开时对 S_1 所产生的退磁作用，激磁中断时经二极管D而流通的感应电流在 S_2 上产生的退磁作用。

示波图——审视一下图 448 和图 449 的示波图对于了解施加到激磁绕组的断续(或脉动)电压的调节很有帮助。它们示出了施加于激磁绕组上的电压对时间的函数关系。刻度格指示：水平的是时间比例，1cm 代表 5ms（一方格中的每一小格相当于 1ms)；垂直的是电压比例，1cm 代表5V(一方格

* 原文为电压

中的每一小格相当于 1V)。时间和电压的零位是不精确的，但刻度允许测量时间或电压的差值。

在两幅图上，下面一根线的粗而间断的线段相当于触点断开，即实际电压为零；上面一根线的粗而间断的线段相当于触点闭合时间。那时候的电压相对于触点断开时为14V，也就是调节器的调节电压。如果按这两条线之间的格数来计算则发现是15V而不是14V，这证明用示波器的格数正确地反映电压的真实读数是困难的。此外，还可注意到图 448 和图 449 所显示的波形有优越的规律性。

这两幅示波图是相当于在弗来德(FRED)交流发电机上应用此种调节器的情况。在两种情况下转速都为 4000r/min，但图 448 所示相当于负载只有额定负载 25A 的十分之一即 2.5A 时的情况；而图 449 所示相当于负载为25A时的情况。

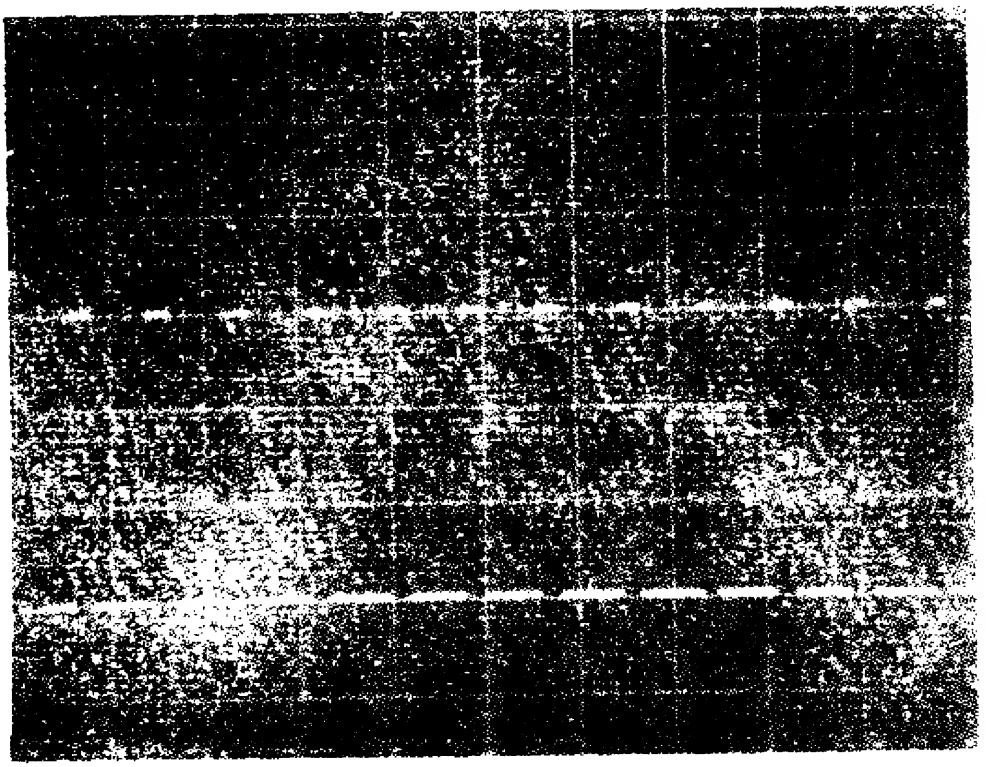


图148　配合弗来德(FRED)交流发电机工作时的示波图，转速为 4000 r/min，电流为 2.5A

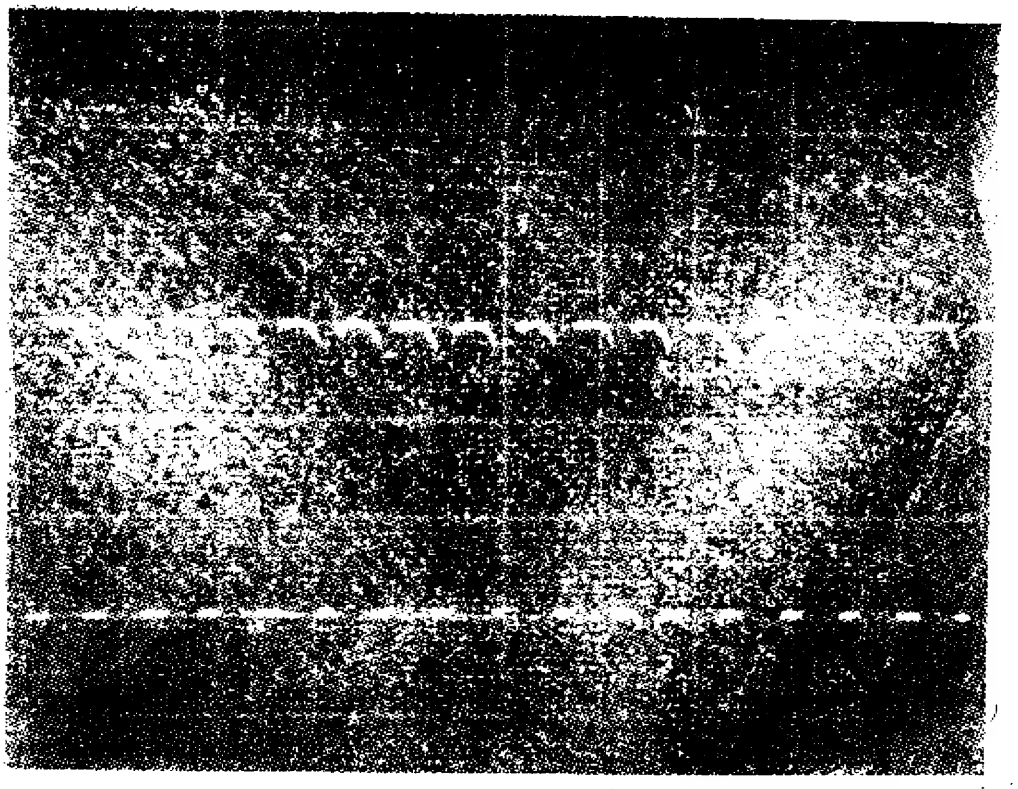


图449　配合弗来德(FRED)交流发电机工作时的示波图，转速为 4000 r/min，电流为 25A

可以看到，尽管电流变化很大，电压仍保持得很好，这是由于当负载增加时频率增加，并且由于闭合时间（绝对值和相对值）也同时增加。

还可注意到电压变化的良好规律性，按照一般的看法，良好的规律性应表现为轨迹(波形)完整，连接上下线段之间的线是垂直的，成为脉动电压的典型的方波。

另一点值得注意的是，这里所表明的是调节器对负载电流变化而不是对转速变化起调节作用。要知道，如果转速上升电压也上升，负载增加则电压下降，并证明平均电压上升是合理的。

在上面的一些线段上可以看到相应于发电机电压波动的微弱波动，但当电压接近于零时这种波动就不再感觉得到了。

当然，图 448 和图 449 是电压的示波图。电流的示波图观察起来会令人很感兴趣，由于自感作用和通过感应电流的结果，看到方波变成了锯齿形波。如果没有自感作用，电流的示波图同样会是方波。

调节和热补偿

随着发动机工作和有电流流通而产生的温升带来两个自动调整：

调节——由于温度升高，S_1 中电流数值改变。为了保持此电流恒定，设置了一只同 S_1 串联的热敏电阻 R_t（图 443、图445、图446 和图 447 ）。当温度上升时，S_1 的电阻增大被 R_t 电阻值的减小所补偿，反之，温度下降时，S_1 的电阻减小被 R_t 电阻值的增加所补偿。

补偿——这个热补偿由一双金属片辅之以电阻 R_1 来实现，对它的作用和工作方式值得充分注意。它的目的是为了调和下述矛盾：既要使蓄电池有一个最大的充电电流，又要避免由于温度过度升高而连带引起对蓄电池是致命伤的电液沸腾。这个补偿是根据下述推理和机构来实现：

当温度上升时，应使充电电流减小，即对激磁绕组施加平均电压。这个结果是由作为调节器弹簧的一部分的双金属片自动取得的。当温度上升时，这个弹簧的（机械）压力减小，从而使触点比较容易断开，所以调节电压下降。总之，双金属片使调节器实现自动调节，并且弹簧压力可用图 447 的螺钉 VS 非常迅速地加以调整。

放在双簧片 LA（图 447 ）附近的预热电阻 R_1 预先升高双金属片的温度，因为每次触点断开时有电流流过 R_1、总之，双金属片的干预作用是这样的：当发动机和周围环境一

样是冷态时，它不立即发生作用，因此充电电流最大。当温度升高时，预热先起作用，阻止产生电液沸腾。当一些温度平衡时，它的作用就停止。

双簧片 LA（图445、447）同时也是衔铁的反作用弹簧。这个弹簧由两平行簧片组成，上面一片有一个小的突起物，使两簧片保持隔开，并且只有上面一片是双金属片。这片双金属片仅仅用它的压力同下面一片钢皮簧片相联系。双金属片的温度是周围环境温度或者是 LA 上面的电阻 R_1 的温度。

保　护

抗电蚀——保护一对振动触点的两个表面不受电蚀是由下述两方面来保证的：

一方面利用二极管 D 和退磁线圈 S_2 组成的回路，它既是吸收激磁绕组自感性能量的回路，又是一个退磁回路。

另一方面利用由 C 和 S_2 组成的振荡回路直接保护触点，因为激磁绕组的自感应并不是使触点电蚀的唯一原因。

防止电液沸腾——这种保护由于补偿作用已经及时得到处理。

抗 干 扰

如前所述，抗干扰由 CS_2 回路来保证，因为触点断开所产生的极其迅速的振荡是对无线电装置极为有害的干扰的重要原因。

应　用

本调节器可用来配合额定电压为12V的任何型式的单相或三相交流发电机共同工作。

六十二、斯埃沃·马夏尔防电压峰值的28V与14V的保护型电子调节器

原　理

半导体元件对通过它们的电流所突然发生的重大变化，也就是说，对加在它们两端的电压的大小与变化是非常敏感的。尽管半导体元件的制造技术在不断取得巨大进步，但有时，一个极短暂的过电压就足以将它们摧毁，因而不得不予以更换。

产生过电压的主要原因是电流突然发生变化，从而使调节器电路中产生电压峰值（如果电流变化很慢，则不会发生这种情况）。另外，点火高压导线与调节器的导线安装太近也会产生过电压。

为了保护半导体元件不受过电压的危害，斯埃沃·马夏尔公司在普通结构的电子调节器中增加了一个保护装置，该装置接在易通过过电压的正负接线柱之间，其核心是一个可控硅元件。这个"控制二极管"的作用就象一个开关，它并接在调节器的正、负接线柱之间，当可控硅的控制极得到脉冲电压，电路中出现过电压时，它可使电流直接经过两个接线柱之间而不进入调节器，这样，调节器便可受到保护。施加脉冲电压是由齐纳二极管来控制的。一般的电压指示灯或其

他形式的指示器显示调节器调节电压的情况。

因此，保护型调节器有两个作用：调节与保护。图 450 所示的这种调节器的结构便体现了这一双重作用。

图450　斯埃沃·马夏尔保护型调节器

总 体 结 构

图 450 表示这种保护型调节器的总体结构，它是由三个六面体重叠而成的：

——下面的是空心底座，配备有两块固定板（分别有一孔和二孔，见图 450 和图 452），可将它固定在交流发电机附近温度不太高的任何地方。

——中间的是电子调节器，它和底座的尺寸差不多，其功率三极管 T_3（见图 451）安装在底座内，从而使得底座成为该三极管的冷却装置。

——上面的是电子保护装置及其继电器（见图 450），其尺寸要比调节器小。

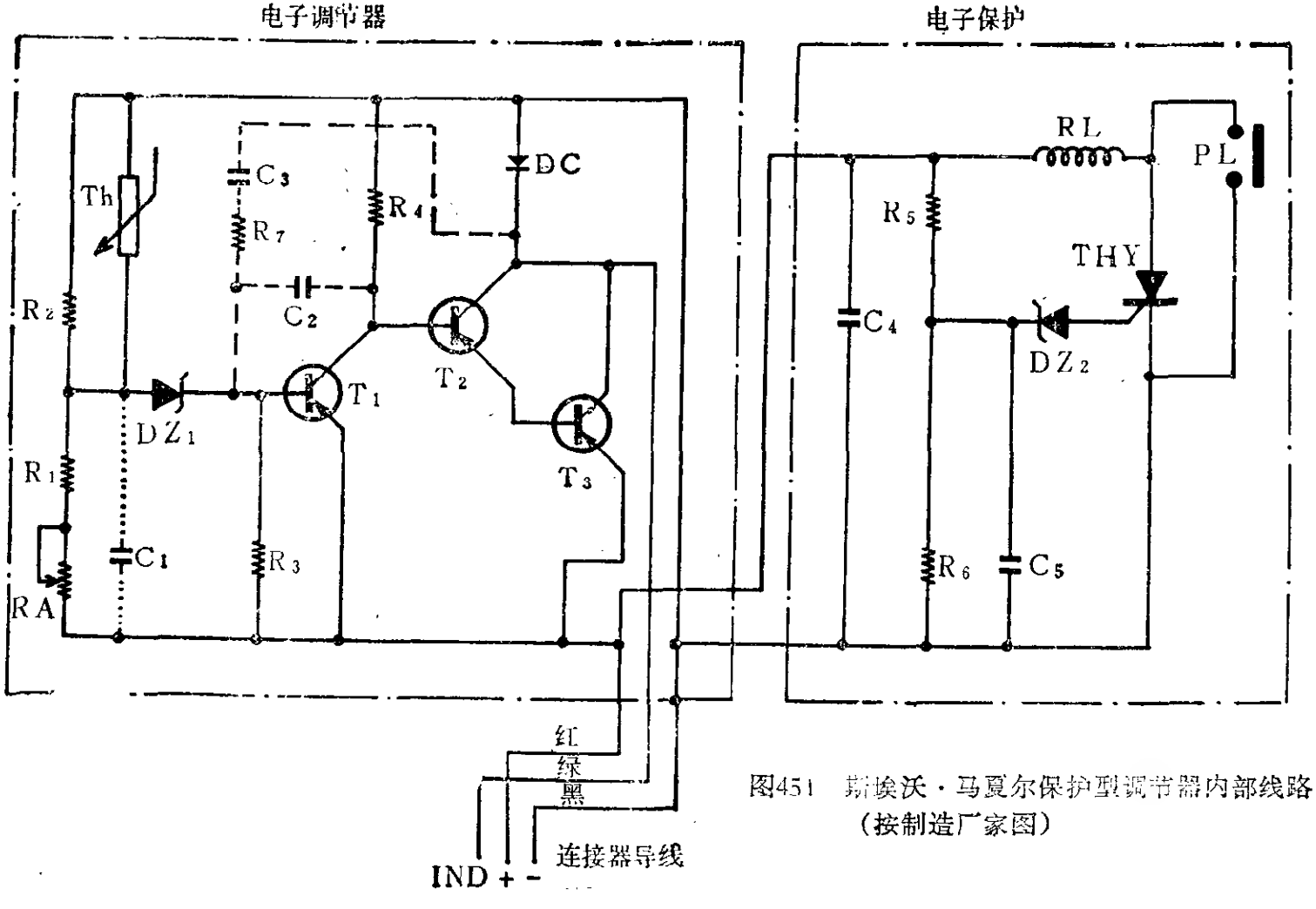


图451 斯埃沃·马夏尔保护型调节器内部线路
（按制造厂家图）

整个保护型调节器与交流发电机的连接是通过一根三芯电缆及一个带有3个插座的连接器来保证的（见图450和图452）。

连接电缆的外皮是黑色的，其中三根导线的颜色分别为：

——红色，与交流发电机的“＋”极相连；

——黑色，与“－”极即接地相连；

——绿色，与磁场绕组的正端相连。

保护型调节器的主要外形尺寸如下：

——底座（包括固定板）：136×77.7mm；

——调节器高（包括底座）：39.5mm

——最大高度：74.8mm

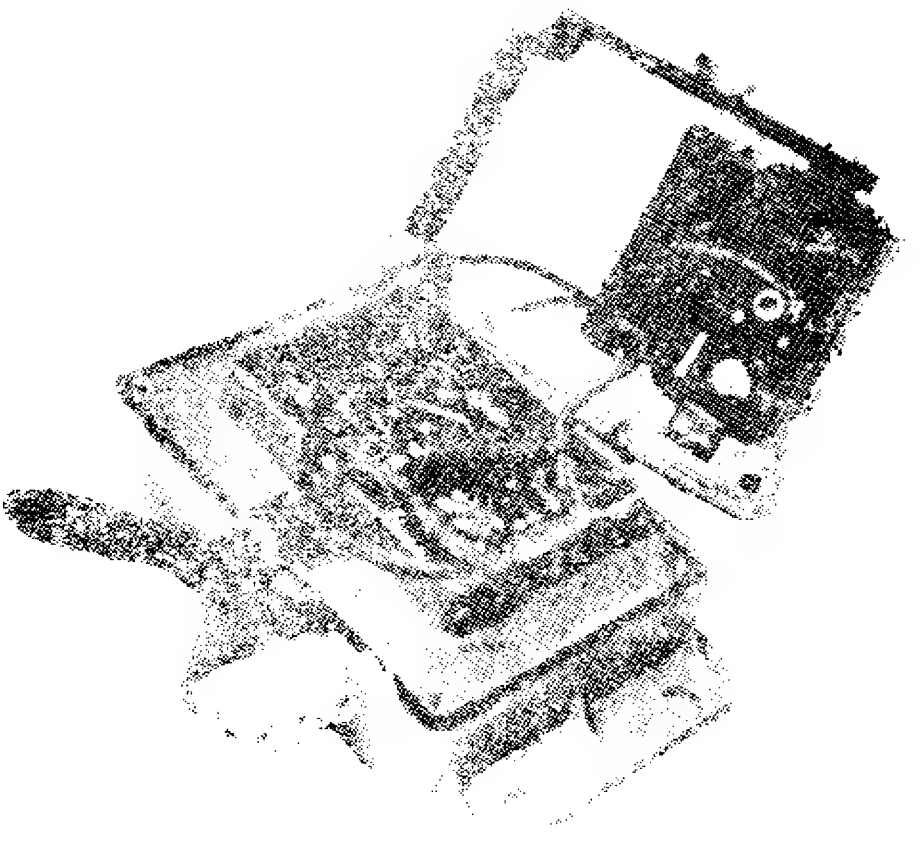


图452 调节器及其保护装置

——连接电缆长：160mm（长度可以变化，只要其电阻值不变就行）。

从图 452 中可看到，只要取下四根螺杆，就可将保持装置与调节器分开来。

该调节器有两种型号，可适应两种电压：28V与14V，即相应的蓄电池是12个与6个单元的蓄电池。这两种型号的调节器的外形与体积都相同。

图 451 是这种保护型调节器的内部电路图。下面分别研究电子调节器与电子保护装置的结构与工作原理。

电子调节器

它和普通电子调节器相似，但具有自己的某些特点。在原理上与适用28V和14V的调节器是相同的，只是在结构上有某些区别。图中虚线所示是适应28V的调节器，点线所示为适应14V的调节器。

结构——从图 451 中看到：

——两个功率晶体管 T_3 与 T_2，它们按达林吨(Darlington)法串联，等于是一个单独的晶体管，其作用就象是磁场绕组电路中电流的开关，它是由 T_1 来控制的。

——控制晶体管 T_1，它对所显示的调节电压值很敏感。

——齐纳二极管 DZ_1，它本身与一个分压器相连，该分压器包括电阻 R_1 与 R_2，可调电阻 RA（每个调节器只选择一次），以及热敏电阻 Th(其作用是进行热补偿)。

——控制工作调整元件，包括电阻 R_3 与 R_4 以及电容器 C_2(指28V的调节器)

——负反馈电路，包括电阻 R_7，电容器 C_3（指28V的调节器），以及电容器 C_1（指14V的调节器）。

——磁场绕组的放电二极管DC。

接线——通过与图451中的接线柱相连的连接器来进行：

——“+”导线接交流发电机的正接线柱；

——“—”导线接交流发电机的负接线柱；

——IND接线柱接磁场绕组接线柱。

从图452中可看到有2根导线与保护装置相连，3根导线与调节器相连，其具体连接情况如图451所示。

应指出，调节器与交流发电机的连线是通过一个隔离二极管与蓄电池分开的，为了安全，交流发电机务必安装隔离二极管。

工作原理——调节工作是一般的，简述于下：

——当电压足够低时，DZ_1不导通，T_1的基极被切断，因而亦不导通。T_3与T_2导通，因为它们的基极由R_4供电。磁场绕组被供电。

——当电压太高时，T_1的基极通过DZ_1与R_2导通，集电极通过R_4导通，从而切断T_3与T_2，电压下降。然后再依此循环。

但有下列3点需要说明：

——关于T_2与T_3的串联。为达到好的效果，拟用两个晶体管来代替一个比较大的晶体管。其原理如下：流向磁场绕组的T_3集电极的电流，由于T_3基极电流通向T_2而降低了。由于T_2的基极已有电流，因而T_2仍从T_3基极电流中获得一部分并通过集电极将它送到磁场绕组中去。上述过程说明T_3具有很大的电流。

——关于负反馈电路。当同一台调节器中有几个晶体管工作时，由于其中一个(T_1)控制另外几个(T_2与T_3)，因而它

们的工作性能就会产生位差，并且可能产生有害的波动。可以通过下述办法来消除波动。增加工作稳定性，即在这些晶体管的输出端与输入端之间接上一根连线，也就是说允许它们互相进行电流反馈而取得协调一致。这种负反馈电路只有当电压发生变化的时候才会投入工作，因为这些电路中接有电容器。

——关于热敏电阻。图 453 所示的是28V 调节器的热补偿特性曲线。目的是为了在不同温度下获得蓄电池正常充电所需的电压。该电压在极限值范围内，其极限范围中的倾斜部分是所要研究的，间隔部分表示调节电压的允许范围。在温度为25℃时的基点电压为27.6V。如果是14V的调节器，在相同温度时，其基点电压则为14.4V。

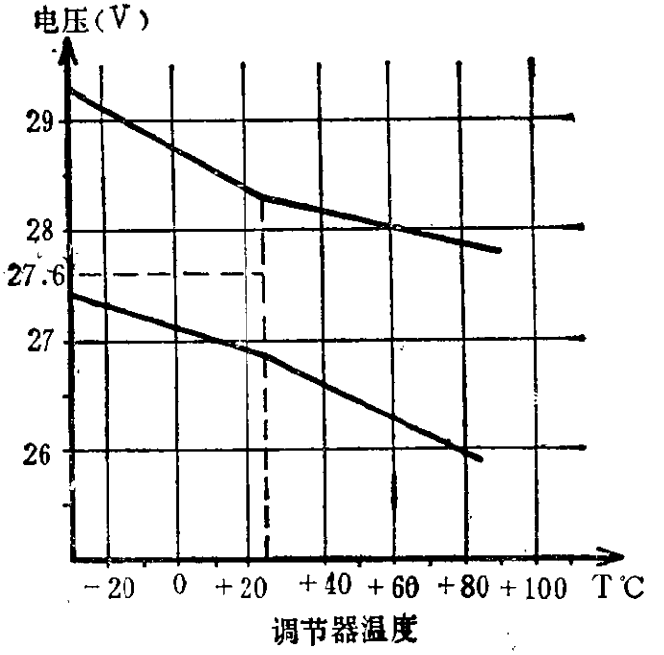


图453　斯埃沃·马夏尔28V保护型调节器热补偿特性曲线

电子保护装置

电子保护装置的作用是为电压故障峰值提供一个更为容

易的通道。使电压峰值不通过半导体元件，以避免可能给半导体元件所造成的严重损害。

结构——该电子保护装置包括：

——电压峰值分流电路，即所谓保护电路。这种电路有两个，一是电容器 C_4 的电路，可用来存放高频峰值；一是可控硅 THY 的电路，需要它导通，只要使其控制极加上一个适当的电压。

——当加于齐纳二极管 DZ_2 的电压超过由电阻 R_5 与 R_6（R_6 为调节电阻）组成的分压器所确定的电压值时，便可为上述可控硅的控制极提供一个适当的电压。

——电容器 C_5，其作用是稳定齐纳二极管 DZ_2 的工作。

——一个可控硅 THY 的熄火装置，由线圈 RL 与振动臂 PL 组成。当该振动臂（衔铁）PL 处于休息位时，允许可控硅接入电路。这是一个电磁继电器，当它被吸引时，可关闭振动臂电路。

接线——当然，它是通过调节器的两根极性导线来连接的。由于这两根导线，保护电路不能接受蓄电池电流，因为这两根导线与蓄电池是通过隔离二极管而相互分离的。

工作原理——若电压正常，则保护装置中无任何电流通过，只有分压器总是处于电路中，因为是由它来确定齐纳二极管 DZ_2 的工作电压的。

——如果电压峰值是高频率的，则该峰值被电容器 C_4 吸收。

——如果由于调节器的负荷突然发生变化（如突然切断蓄电池）而产生一个很大的电压峰值，则可控硅 THY 的控制极被激磁，从而应被起动。该电压峰值与调节器的电压方向一致。当电压升高足以使齐纳二极管导通时，则发生上述情

况。这时可控硅 THY 已导通，为该峰值电流提供一个通道，使它不致通过调节器而造成半导体元件的损害……。

当可控硅的控制极接通时，峰值电流经过继电器线圈，从而产生下述现象：

——线圈 RL 直接与峰值电压相接；

——可控硅被短路（峰值电流经过可控硅的时间并不长），因而熄灭。

当短路使峰值耗尽、衔铁被线圈所释放而停止时，可控硅又可重新接通。对于交流发电机产生短路电流来说，不能保护，因其控制极的电压这时太低。

可以看到由 RL 与 PL 所组成的继电器的好处。如果没有这个继电器，尽管可控硅不能借助隔离二极管被蓄电池供电，但它仍可通过交流发电机而处于激磁状态，若要使它熄灭，则需使发电机停止运转，也就是使交流发电机停止运转，然后再使它工作。而这样一来，即使接入一个警告灯来提醒人们注意也不能不产生一些不便或缺陷。

六十三、斯埃沃·马夏尔交流发电机的电路及其二极管

二极管的各种作用

先将二极管的各种作用简述如下：

（1）电流整流

整流是二极管的最基本的作用，若无二极管将电流整流，就无法将交流发电机与要求用直流电的设备相匹配，而且这些设备均作为用蓄电池充电的主要部件。对三相交流发电机来说，整流桥一般由6个二极管组成，它起着相当于直流发电机的整流子的作用。

（2）电枢保护

当交流发电机停止工作或所产生的电动势不足时，整流器阻止蓄电池的电流返回交流发电机的绕组。显然，整流系统起着保护电枢的作用，因为它只允许电流沿充电方向通过。不过，也可配备专用隔离二极管装置，这种装置除担负保护作用外，还担负其他作用（见稍后的说明）。

（3）磁场绕组保护

和电枢一样，磁场绕组（转子）也需要保护，以防止蓄电池的电流在某些特殊情况下返回到绕组中去，因为在必须进行点火激磁时，会导致某些危险。

实际上，磁场绕组只应允许直流电或至少是经过整流的

电流通过。因此，它必须与交流发电机-蓄电池正连线相接，即与蓄电池侧的直流电相接。从理论上讲，当交流发电机没有电动势时，没有任何装置保护磁场绕组来防止蓄电池电流的反馈。但这关系不大，因为激磁电路的阻抗要比电枢的阻抗大得多。不过，这种电流反馈可能是有害的，因为在原理上，就象通过切断点火来停止内燃机工作一样，也用点火开关来切断激磁电路。当发动机在未切断点火的情况下制动或电动机起动时，以及对于柴油机来说，可引进一个压力开关来解决保护问题。

（4）起动

通过点火开关一开始就将蓄电池部分电流送往磁场绕组以便迅速起动，该蓄电池电流出发后经过调节器电路，并经过指示灯和一个分流电阻。

（5）信号显示

显示信号的指示灯在交流发电机没有起动时发亮，起动后熄灭。

（6）为几个独立的蓄电池充电

有时需要好几个独立的蓄电池，一般来说需要两个，但是也不反对有更多的蓄电池。究竟需要多少，那要看各自的不同要求而定。比如说，有时为了加强拖车内的照明，有必要增加蓄电池，以免因照明而使起动和点火受到影响。

担负上述作用的装置

下面我们分别列举担负以上各种作用的装置：

（1）整流器

所有汽车交流发电机上的整流器都是三相或单相的普通整流桥。整流器有两个接线柱，正接线柱通常与设备的绝缘

导线相连，负接线通常接铁。如图 454 所示，整流器有两个作用：一是将电流整流（I），二是保护电枢（II）。对于单相交流发电机来说，可以通过一些保险丝来加强对电枢的保护，因为单相交流发电机的蓄电池仅有一个二极管，而三相交流发电机的三相整流桥上有两个二极管。

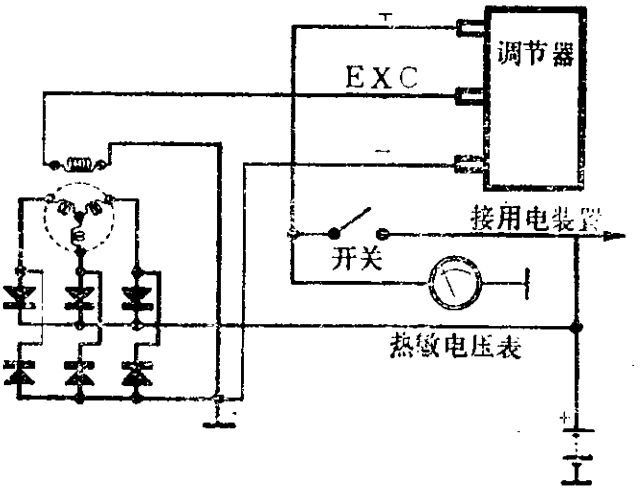


图454　仅有一个整流器的接线图

（2）隔离二极管

如图 455 所示，这个二极管（有时是两个相并联的二极管）接在整流器的正接线柱与蓄电池的充电导线之间。这样一来，交流发电机就有了两个正接线柱：主接线柱A和辅助接线柱B。该隔离二极管有如下各种作用：

——与整流器一道保护电枢(II)；

——保护磁场绕组(III)，因为激磁电路是首先从B出发而后经过调节器电路的；

——点火(IV)，这时只需二极管被指示灯分流，此外也许被一个电阻分流，以便在点火开关闭合时让蓄电池电流经过这两个电路而加强剩余磁性；

——信号显示(V)；当点火开关闭合，蓄电池电流经过

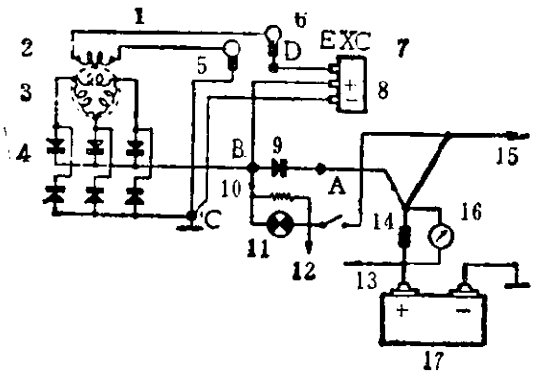


图455　在汽油发动机上使用的隔离二极管的接线图

1.交流发电机；2.转子；3.定子；4.整流二极管；5.电刷；6.滑环；7.调节器；8.激磁；9.隔离二极管；10.接通电阻；11.指示灯；12.点火；13.起动机；14.并联开关；15.接受器；16.电流表；17.蓄电池

调节器、转子绕组和接地时，指示灯发亮；当交流发电机起动后达到蓄电池电压时指示灯熄灭。

（3）三个一组的二极管

如图 456 所示，三个一组的二极管为电枢电流整流，并通过调节器、接触环和接地为激磁绕组供电。这是一个整流桥，确切地说，是磁场绕组的半个整流桥。可接入一个充电指示灯和一个起动电阻，就象在隔离二极管电路中所做的那样，使其更加完善。这 3 个一组的二极管的作用如下：

——为磁场绕组整流(I)；

——保护磁场绕组(III)，因为专为磁场绕组整流的电路不为蓄电池充电(参看下面的“起动”)。

——起动(IV)，此时，图 456 中的三个一组的二极管通过指示灯以及受点火开关控制的电阻与蓄电池相连；当点火开关闭合发动机停止工作时，指示灯发亮，放电减少到最低限度。

（4）有几个输出线的隔离二极管座

一般来说，隔离二极管座上有两个二极管，它们不是并

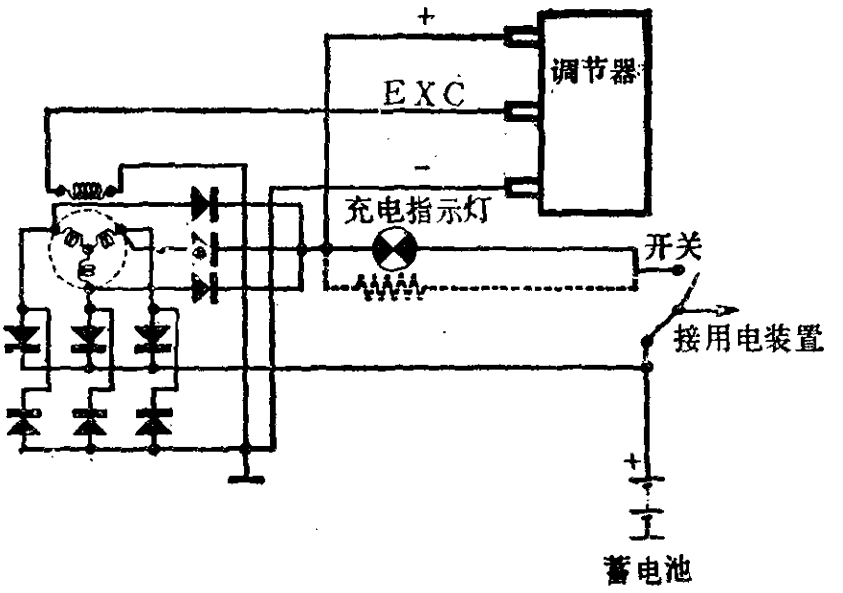


图456　用三个一组的二极管的线路图

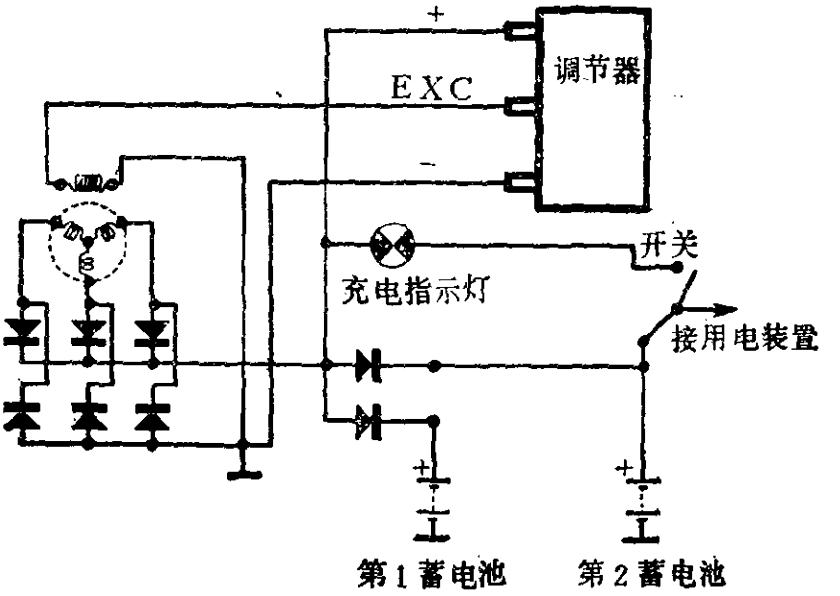


图457　用双输出的二极管连接片的线路图

联的，而是与一些为蓄电池充电的独立输出线相连。二极管本身也是独立的，它们不可能并联在一起工作，或互相放电，它们的放电电路如图457所示。其作用如下：

——保护电枢(II)；

——保护磁场绕组(III)；

——起动(IV)，这时要通过指示灯或电阻的起动电路；
——信号显示(V)，由指示灯显示信号(见图 457)；
——为独立蓄电池充电(VI)。

共　存

a. 整流器必不可少，其它装置可有可无，因为它们属于补充装置，虽然它们也起着重要甚至非常重要的作用，但如果不考虑安全或方便的话，是可以不采用的。

b. 隔离二极管起加强安全的作用。它与三个一组的二极管一起担负保护磁场绕组电路和信号显示的双重作用。

c. 隔离二极管和三个一组的二极管虽然起双重作用，但是三个一组的二极管也适用于大功率发电机，因为通过这种三个一组的二极管的磁场绕组电路的电流很小，应用在大功率发电机上的三个一组的二极管和应用在小功率发电机上的三个一组的二极管的造价相差无几。而隔离二极管的造价则随着通过它的电流量的增大而增大。

d. 有几个输出的二极管座表示有几个隔离二极管，在需要采用数个独立蓄电池的情况下(如汽车牵引的露宿挂车或游船)，则可用一个单一的隔离二极管来代替。

安　装

三相发电机上的整流器有 6 个或 9 个二极管，这要看它们是否采用了三个一组的二极管而定。电枢整流二极管均属“按钮”二极管，可安装在外部。

三个一组的二极管可在组装交流发电机时安装，也可在组装后补加。根据交流发电机的型号，在补加三个一组的二极管时，可用一个特制端盖取代原来的后端盖，也可按照制

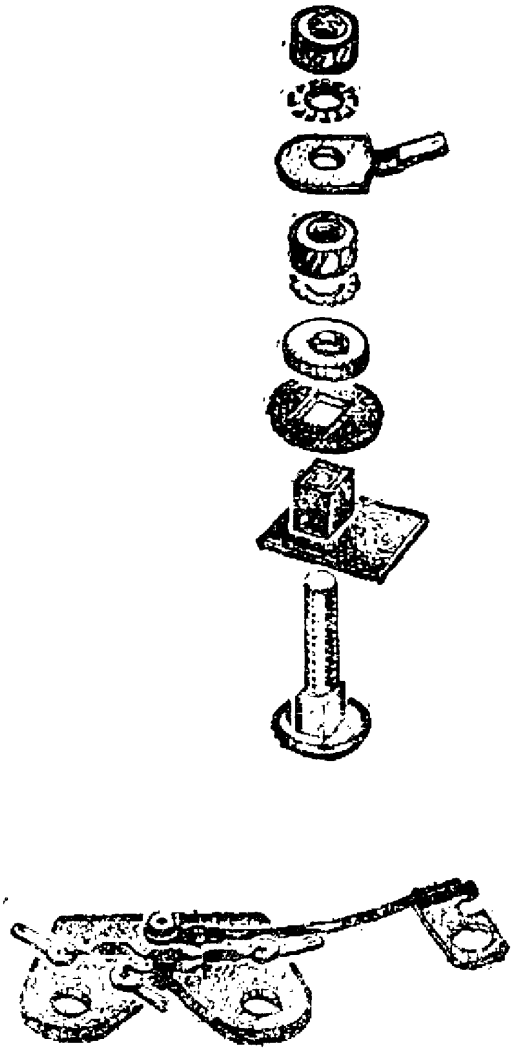


图458　环氧树脂电路上的三个一组二极管标记及其"+61"型输出接线柱

造者的说明补加一个特别端盖。图458所示的是环氧树脂电路中的三个一组的二极管标记及其"+61"输出接线柱。这种型号的三个一组的二极管应用在与别儒104或304型汽车相匹配的交流发电机上。可在图458中二极管固定板上看到一根连线，和三个小黑点，它们是磁场绕组电路的3个供电二极管，这3个二极管表面看来似乎相串联，实际上是相并联。

图459所示的是有两个输出的隔离二极管座，它构成图460的一部分，可匹配在FRED交流发电机上。这个二极管

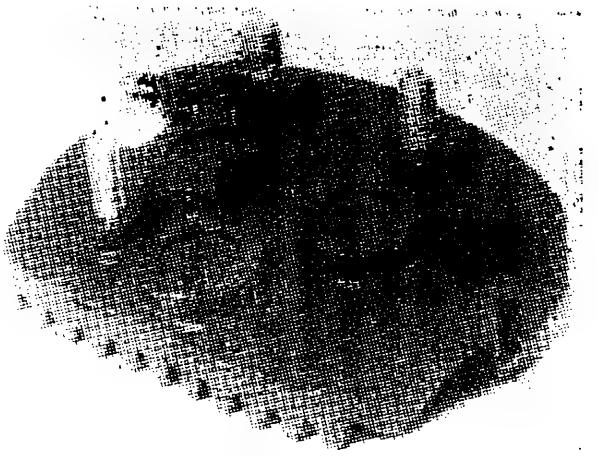


图459　带两个输出的隔离二极管座

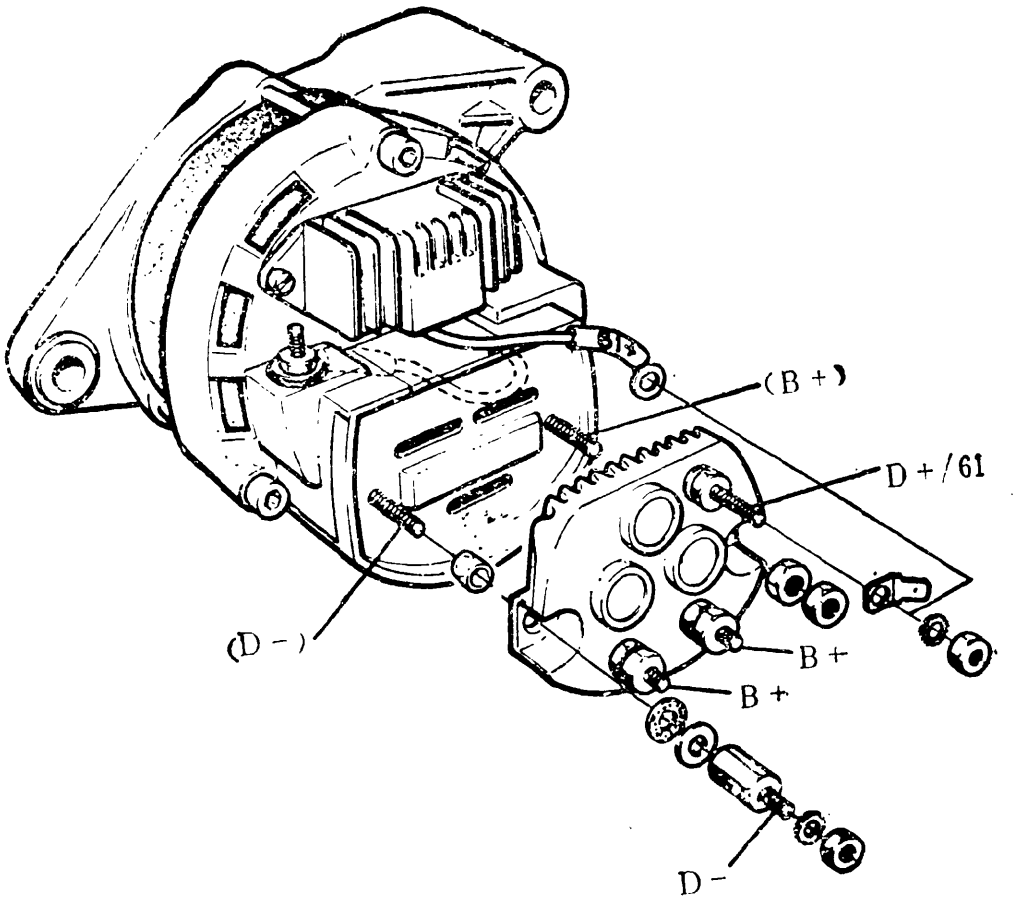


图460　起隔离作用的带双输出的二极管座的成套元件装配图，该二极管座装在(伏尔伏汽车上)弗来德交流发电机上

座只有两个输出，却有3个二极管，实际上这3个二极管中有两个代表独立蓄电池的输出，第三个二极管为交流发电机充当调节器，它为调节器产生一个独立于接通电流的电压降。该电压降是通过改变接线情况即接入一个隔离二极管而产生的，因此可以通过这种方法来避免更换调节器。图457中只有两个输出二极管，那是因为已经假设引入了一个隔离二极管座，来更换调节器。

成套元件的连接情况如图460所示，这些元件均适用于12V的具有一个绝缘接线柱的交流发电机上，可以为一个或几个附加蓄电池充电，其线路图如图461所示，图中数字符号所代表的装置如下：

1——有两个输出的二极管座；

2——电压调节器；

3——交流发电机；

4——充电指示灯；

5——开关；

6——起动机；

7——主开关；

8——附加设备；

9——电动机蓄电池；

10、11、12——附加蓄电池。

图461中3个线路图的区别如下：

图A——只有一个电动机和交流发电机，但有两个蓄电池9和10，蓄电池9是为起动机服务的。每个蓄电池分别与二极管座1的一个B＋接线柱相连。

图A与图B——有两个电动机和两个独立而完整的设备，图中第4个蓄电池11的供电线路与图B的交流发电机相

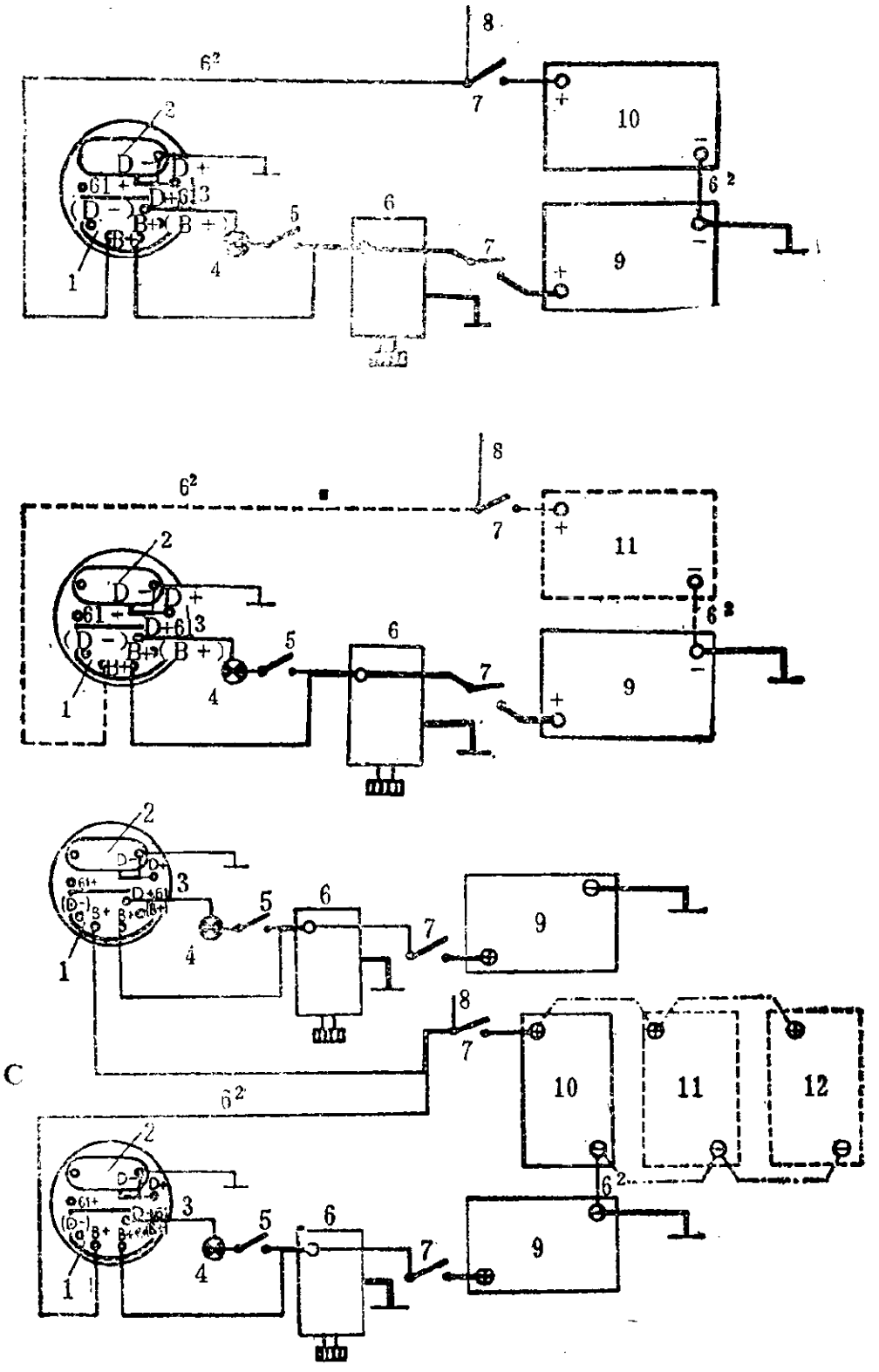


图461　双输出二极管座的三个接线图

连，故用虚线表示。两个独立设备，之间可分布用电装置。

图C——有两个电动机，都有自己的起动器，它们分别由一个蓄电池9供电。附加蓄电池10、11和12同时由两个交流发电机供电。

显然，上述线路图可以满足多种需要。

六十四、西姆斯（SIMMS）交流发电机及其电子调节器

机 械 部 分

图462是这种交流发电机的外形总图。这里不准备介绍它的外壳、定子、8个交错排列的爪极式转子以及一个绕组和两个滑环。

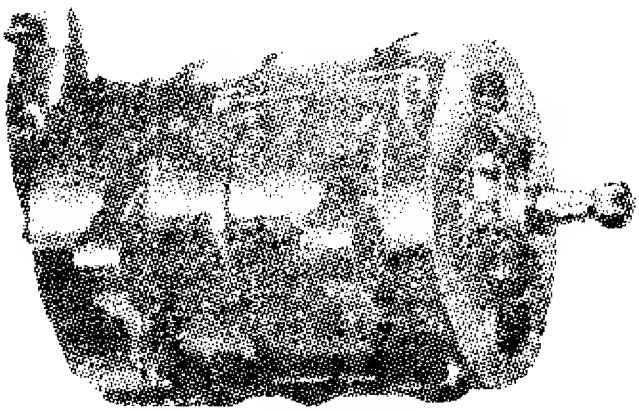


图462 西姆斯交流发电机

但是，这种交流发电机的制造说明书上列有计算转速的简单算式，这里举例说明如下：

制造厂认为下面3个转速可用来确定与发动机的速比：

——接通电路的转速 V_1，即交流发电机在空载时以这种转速运转产生24V的电压；

——全负荷输出电流时的转速 V_2，即交流发电机以这种转速运转产生28.5V的电压（效率最大时）；

——最大转速 V_3。

我们假定传动电动机的怠速为 400 r/min，最大转速为 2000 r/min，再以此为依据，看看直流发电机的工作情况。假定直流发电机的 V_2 为 1450 r/min，V_3 为 3500 r/min，那么，应采用的减速比最大不得超过3500/2000＝1.75/1。

依此可求得直流发电机产生最大功率时的电动机转速为 1450/1.75＝830 r/min，也就是说这个转速要比交流发电机的电动机转速高得多。

再假定交流发电机的 V_2＝820 r/min，V_3＝5000 r/min，但实际上由于传动皮带的原因，不能用 V_3 而只能采用 2.3/1 这个比例来计算，因此交流发电机的最大转速应为：

2000×2.3＝4600 r/min

同样，满负荷输出电流时的 V_2＝820/2.3＝350 r/min。

由此可知，交流发电机在释放最大功率时的转速是很低的。

整流和激励

整流二极管电路不是象通常那样只有 6 个二极管，而是如图 463 所示有 9 个二极管。交流发电机有 4 根接线柱，其中“I＋”和“I－”是定子接线柱，“F＋”与“F－”是转子接线柱，这两根接线柱与电刷相对应。

6 个二极管排列成传统的三相整流桥，它们分别使用呈星形连接的三个相位中的两个半波。接入另 3 个二极管X、Y和Z后，可用波动电流为磁场绕组供电，该波动电流来自定子，而不靠蓄电池。

在图 463 中，调节器仅用一个可变电阻R来表示。

可从该图(暂时不考虑虚线部分)中了解到，交流发电机

只能靠残磁以及定子中所产生的电流来激励，该电流可以通过二极管X、Y与Z。因此，接线柱“I＋”与“I－”之间的电压逐渐升高。当达到工作电压时，交流发电机通过6个二极管组成的整流桥为蓄电池供电。

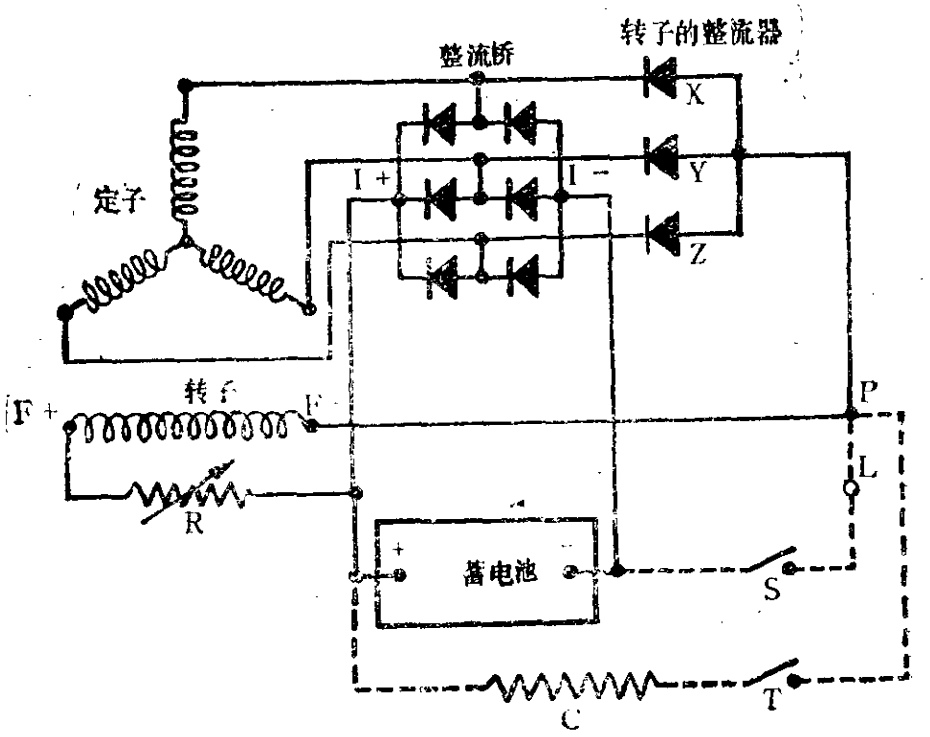


图463　整流器的原理图

起动控制与专用装置

这种交流发电机还有如下两个装置，其线路如图463中的虚线所示：

——指示灯装置L，它通过点火开关S接在“P”与“－”之间。当接通点火开关、发动机停止工作时，指示灯（指示灯与磁场绕组一起与蓄电池相串联）发亮，因为，由于磁场绕组的阻抗要比指示灯小得多，指示灯几乎占用了所有电压。当交流发电机以正常转速运转时，P点的电势与蓄电池“－”接

线柱的电势显然相同，指示灯熄灭，告诉司机发电机在正常释放电流。

——暖气装置C，它接在蓄电池"+"接线柱与P之间。与指示灯相反，它只能在交流发电机激磁后才被供电。当停车时，在P与"+"接线柱之间没有电压，因而暖气也就不能发热。显然，这种暖气装置是有意设计以避免蓄电池的负担过重。

但是，还需注意到：

——当接通点火开关，蓄电池电流可以通过F+、P、L和S，使在残磁中工作的定子输往转子中去的弱电流得以加大；

——当开关T闭合时，暖气装置电路还可通过P、L和S得到供电，不过电流很小。

当发动机停止工作时，点火开关接通，有一弱电流通过发亮的控制灯电路进入转子，并切断点火开关或者起动发动机。

电子调节器

图463中与磁场绕组相串联的可变电阻R表示已大大简化了的调节器。其电路图以及与交流发电机的连接情况如图464所示。在该图中可以看到一个0.5μF的电容，它是一个抗干扰装置。电容右边的调节器面板上可以看到电子元件的分布情况，图中用虚线将它们分为四个部分，从右到左分别为：

——调节电路，主要包含两个相并联的晶体管T_3与T_4；

——用稳压二极管Z_2进行调节的专用调节器；

——调节晶体管T_2；

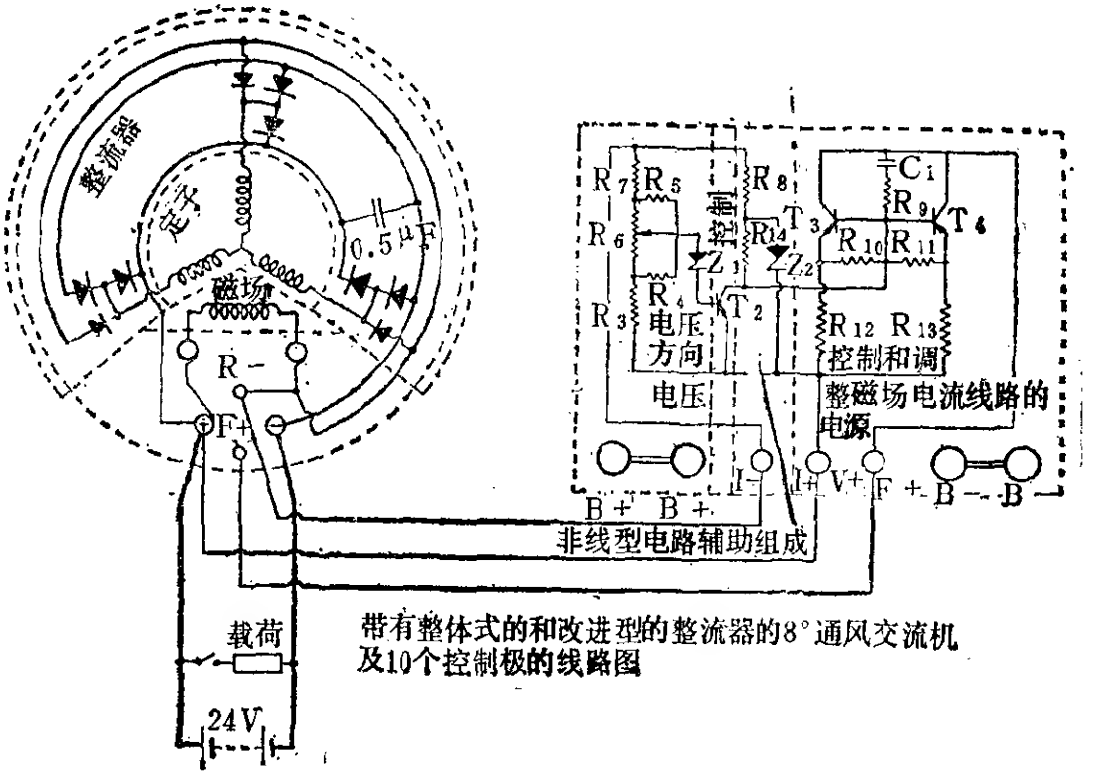


图464　西姆斯交流发电机及其调节器线路图

——一个对电压变化非常灵敏的电路，该电路中接有一个稳压二极管 Z_1。

下面先简单介绍一下图 465 所示的 3 个电子元件：

1．整流二极管：该二极管有一个输入和一个输出，它只允许电流沿一定的方向通过(见图 465 中的箭头所示)；

2．稳压二极管：这是一个与电压方向相反的二极管，因此它禁止电流通过，直到电压变得足够大时为止；

3．晶体管：这也是一种半导体元件，它有 3 根输入或输出线，称为发射极、集电极和基极。其发射极与集电极的接线柱接入控制电路中，该电路中的电流只有在满足下述两个条件时才能沿发射极-集电极方向通过：条件之一是发射极与集电极之间必须有一个电压，条件之二是发射极与基极之间必须有一个电位差(沿发射极-基极方向)。要知道晶体

管的作用相当于继电器或者放大器，因为发射极-集电极电路是主电流或被放大了的电流通过的电路，发射极-基极电路是控制电路或放大电流的电路。

本文中的电路图是最常见的，但也有一些另外电路图与它们略有差别。

为了易于了解调节器的工作情况以及按需要改变线路图，下面将图 464 中所有必须列出的元件移到图 466 中，代表它们的符号完全相同。

为了使线路尽可能简明仅在图 466 中的左下标出交流发电机的接线柱“Ⅰ＋”，左上标出接线柱“Ⅰ－”。因此，所有电流流动的方向均从下到上，经过“Ⅰ＋”和“Ⅰ－”的两根导

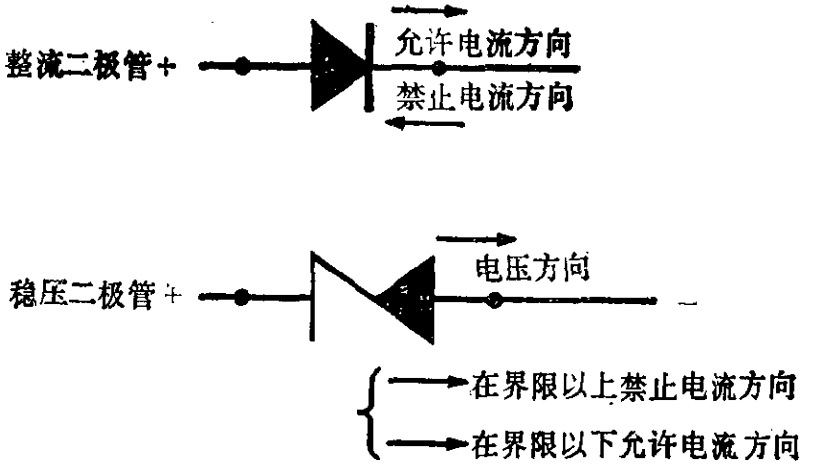


图465　用简图表示的电子元件

线间存在着电位差。

在右边的磁场绕组与其正接线柱F＋相连（见图466右上），它的负接线柱与整流系统的负接线柱相连。

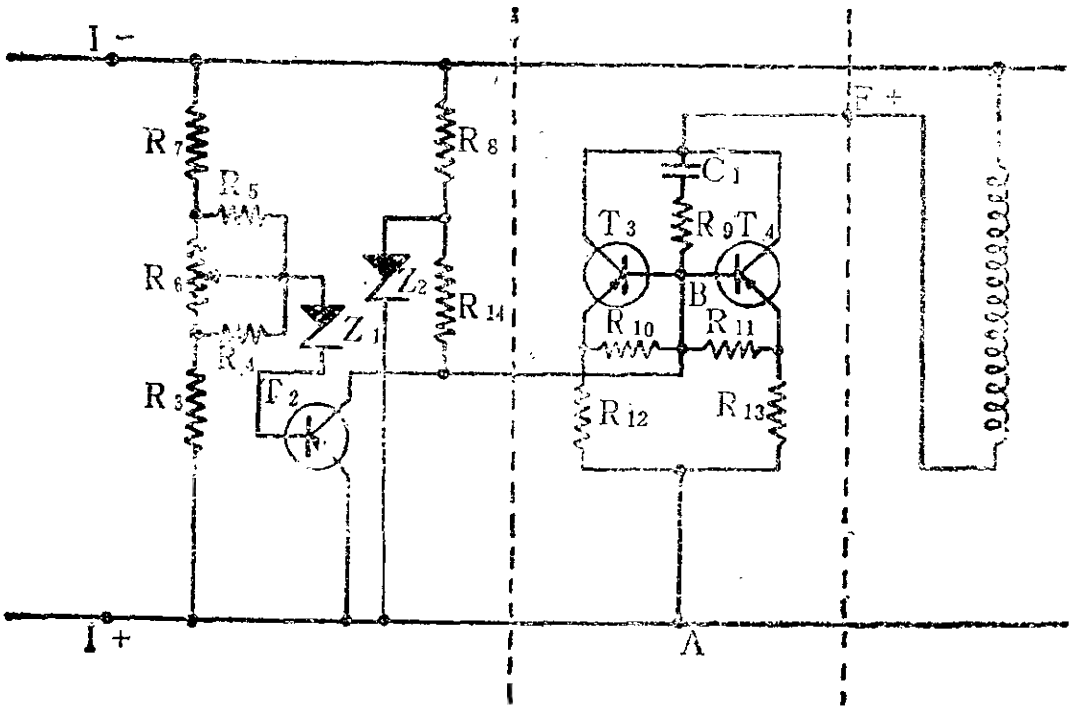


图466　电子调节器的线路图

由供电装置供电的电子元件在图466中用虚线分成两组：

——调节电路：包括磁场绕组和晶体管，该电路大致相当于图463中的可变电阻；

——调节器装置：即敏感元件和控制元件。

下面分别加以叙述。

调节电路和调节器装置

（1）调节电路：该电路从A出发，包含两个相并联的功率晶体管T_3与T_4。为什么要用两个晶体管而不是一个？因为制造者认为用两个功率较小的晶体管来代替一个大功率晶

体管要经济一些。但是，采用两个晶体管就会带来一个平衡问题，解决办法是分别接入两对电阻 R_{12} 与 R_{13}，R_{10} 与 R_{11}。电容 C_1 和电阻 R_9 起滤波作用，以消除磁场电流的波动。

电枢电流从“I＋”出发，经两个晶体管的发射极-集电极电路（电流方向如晶体管内的箭头所示，箭头代表发射极），然后通过F＋再经调节器进入磁场绕组，最后到达“I－”。但是有一个条件，那就是与B相连的两个晶体管的基极要有电流通过，该电流从“I＋”出发，通过各自的发射极然后到达“I－”。正常情况下电阻 R_{14} 与 R_8 的电势要小于B的电势，故电流可通过晶体管基极流向“I－”。

（2）调节器装置：它有一个正常装置和一个附加装置。

正常调节器装置有稳压二极管 Z_1 和晶体管 T_2。Z_1 与晶体管的基极相串联，并通过电阻 R_3、R_4、R_5、R_6 和 R_7 与交流发电机的负接线柱相连，这些电阻接在“I＋”与“I－”之间，构成一个电位计和稳压二极管的调节装置。

电流可以从“I＋”出发，经 T_2 的发射极进入基极，然后进入 Z_1，最后经 R_7 到达“I－”，条件是 Z_1 的端压超过预定限界。在相反的条件下，电流不能经过 T_2 的发射极-集电极回路进入 R_{14} 和 R_8（图 466 中可以看到 T_2 的回路和 T_3 与 T_4 的回路也通过这两个电阻）。当 Z_1 的端压变得足够大时，T_2 的基极电流也增大，足以使它通过 T_2 进入 R_{14}。这时 R_{14} 与 R_8 之间的端压增大，T_3 与 T_4 基极之间的电位差降低。T_3 与 T_4 的基极电流减小，其发射极-集电极的电流强度亦减小，不过，这是磁场绕组中的电流强度问题。以后，电压下降；当 Z_1 切断 T_2 的电流时，电压又升高，如此循环下去。以上工作过程完全与有机械触头的振动式调节器相似。

西姆斯调节器中还有第二个调节器装置，即稳压二极管

Z_2，该二极管是事先就调节好了的，以便当交流发电机的电压大于 Z_1 的工作电压时让电流通过它。因此，在高压下，从 I＋出发经 Z_2、R_8 到达“I－”的电流就会使 R_8 的端压增大，从而使 T_3 与 T_4 的基极电流强度减小，这样一来，磁场绕组电流也就会进一步减小。加上 Z_2 后可以说实现了“双级”电压调节，就象在双触头的振动式调节器中所看到的那种情况一样。

用　途

西姆斯交流发电机的基本线路图如图 464 所示，剩下的是具体的适用问题。

这种交流发电机的特点是在低转速时就能释放出强电流，因此特别适用于需消耗大量电能的中程公共运输汽车上。

相对来说，在高价车辆上采用电子装置并不会提高成本，而电子装置的安全也和其他装置一样可靠。

这种交流发电机大大减轻了蓄电池的工作负担，因为蓄电池电流主要用来起动。另外，这种交流发电机在设备改进特别是在电器改进方面可以说是一大进步。

六十五、西姆斯交流发电机的拆卸、检查和重新组装

电 路 图

图 467 是这种交流发电机的总线路图。图 468 是交流发电机的内部线路图，可从该图中看到 4 个接线柱，6 个整流二极管以及磁场绕组的 3 个隔离二极管。

图 469 是电压调节器的电路图，图中接线柱的符号与图 467 中的相同。

交流发电机的拆卸

构成交流发电机的全部零件如剖面图 470 所示。图 471

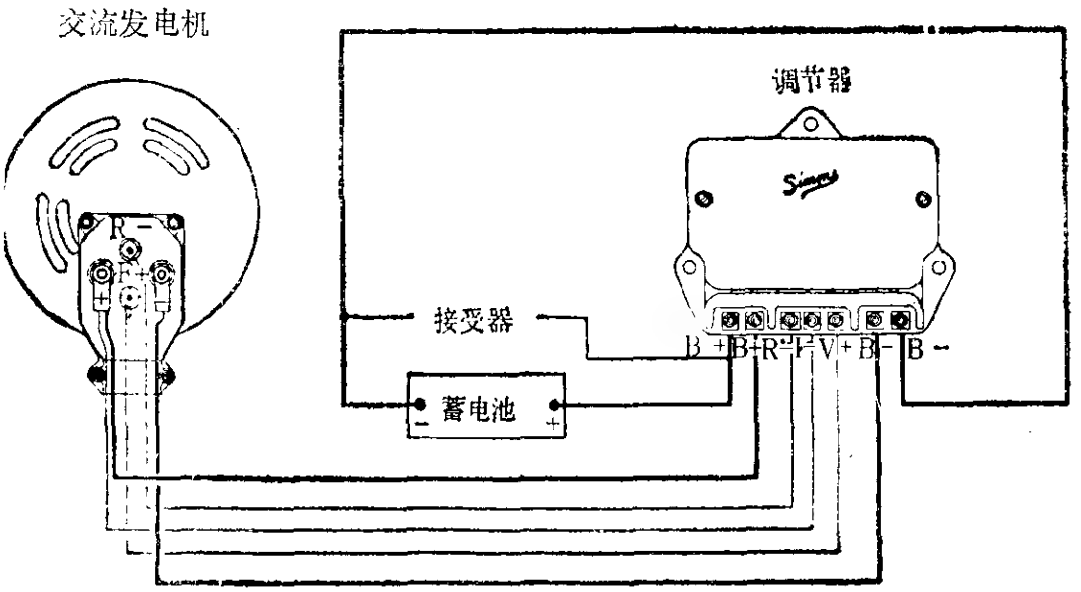


图467 接线柱和总线路图

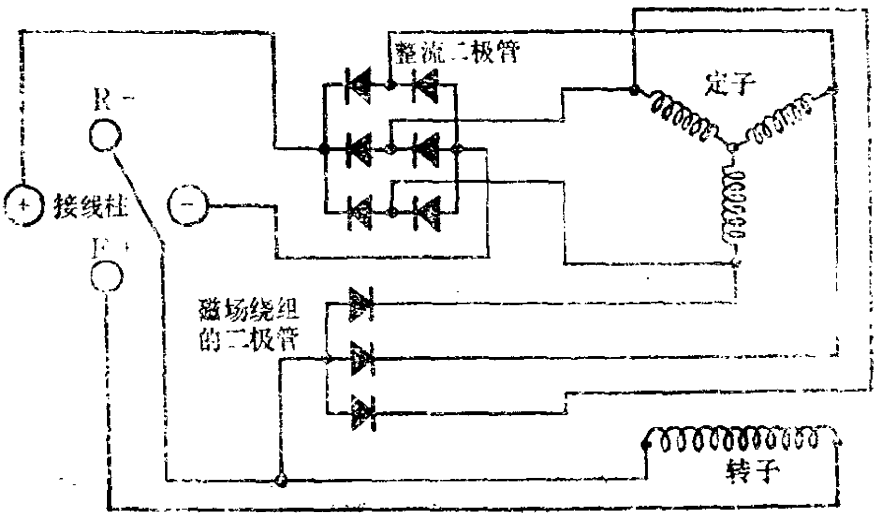


图468　交流发电机的内部电路图

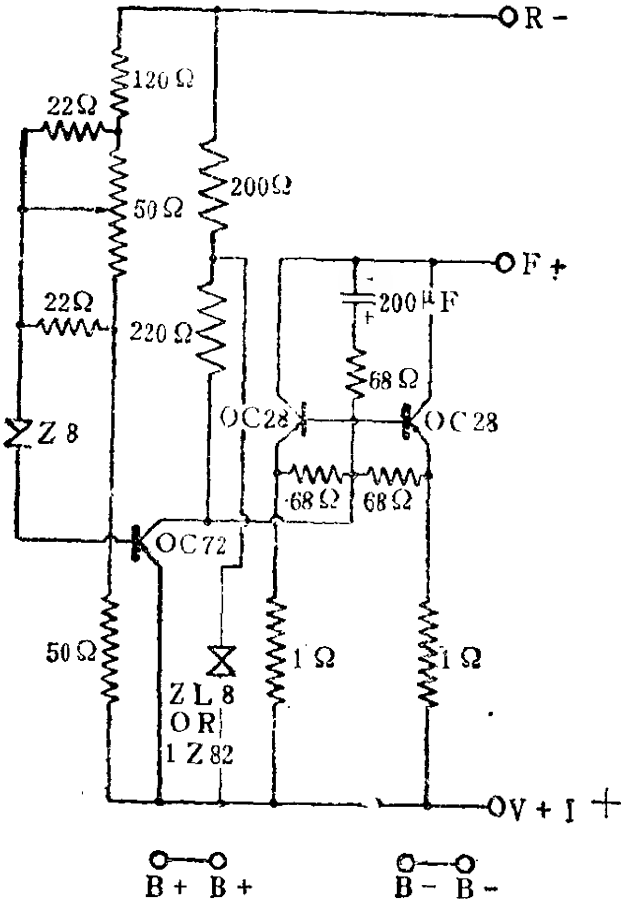


图469　电压调节器内部电路图

是转子的剖面图。这两个图中的零件均用数字表示。

拆卸顺序如下：

——拆下由4个螺丝固定的长方形平板盖，便于接近电刷49；

——将电刷49从刷座中取出来；

——拆下接线盒的盖板24；

——卸下定子和转子接线柱的螺帽与垫圈（见图472）；

——卸下固定端盖64的4个紧固螺栓与垫圈，并将端盖取下来；

——卸下电刷架的螺帽与垫圈；

——卸下定子各端线的螺帽及垫圈（见图473中的A），这些导线分别与呈星形连接的3个定子绕组端相连（见图468）；

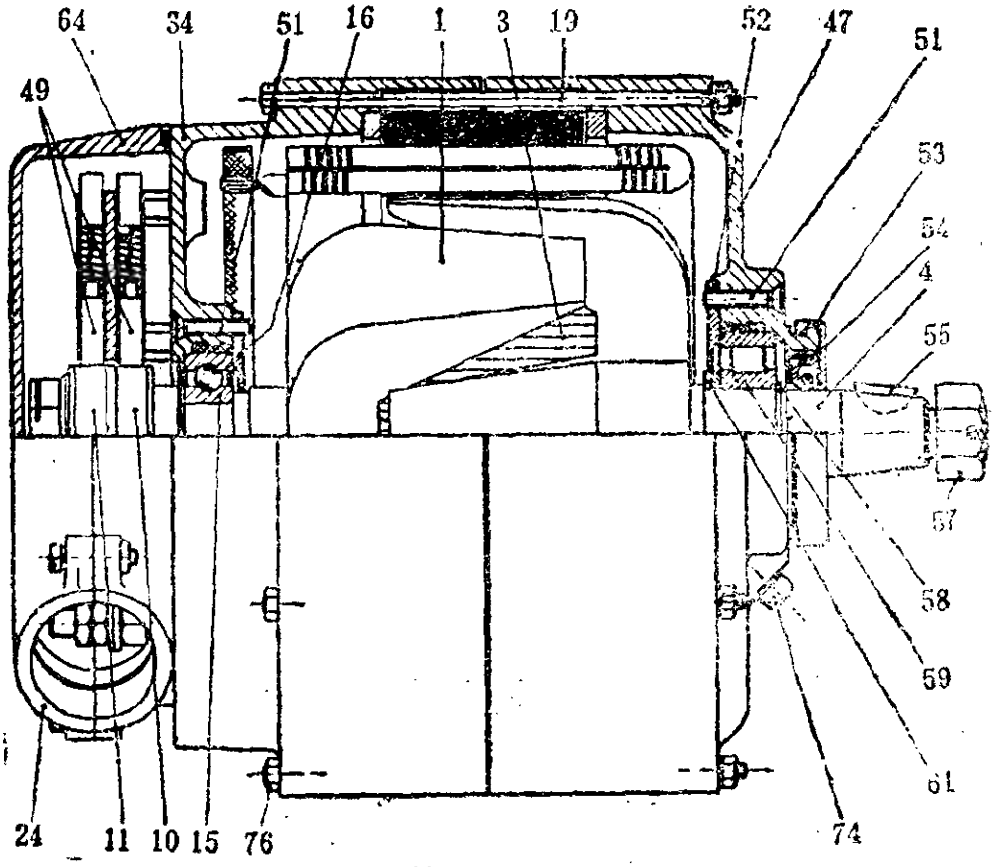


图470 交流发电机剖面图

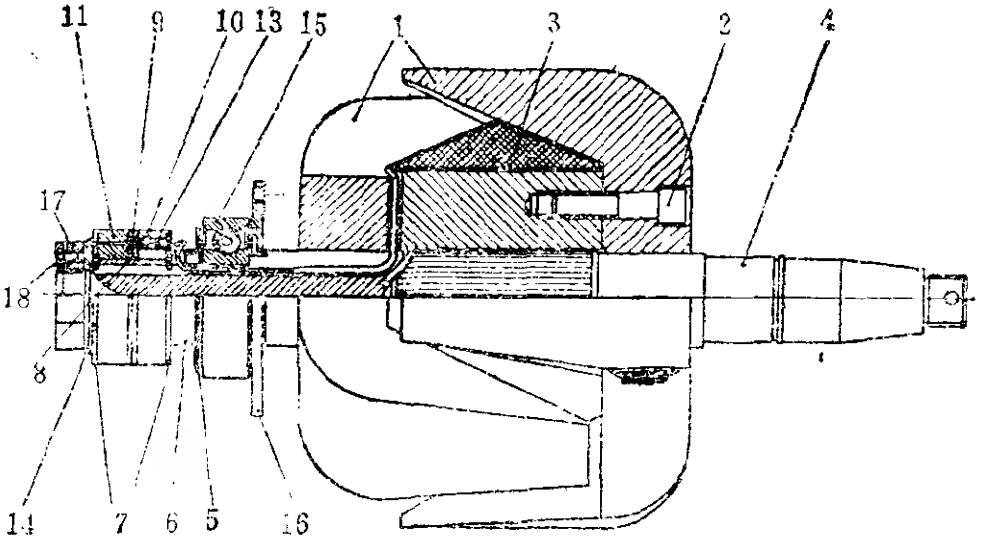


图471　转子剖面图

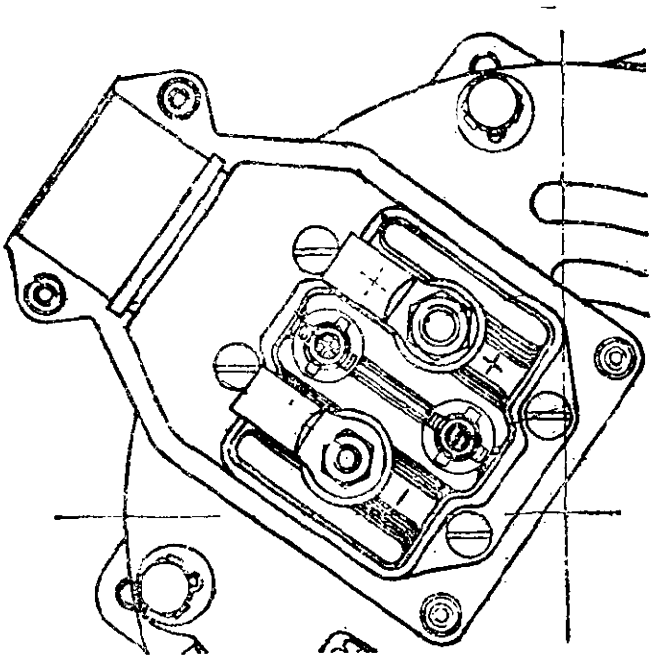


图472　交流发电机接线柱盒

——小心取下电刷架和三个连有导线的二极管座（如图473所示）。可从该图中看到这些二极管座（它们通过A与定子绕组相连）支撑3个正二极管B和3个负二极管C，正负二极管分别由两组导线按相反方向连接。这些导线又分别与定

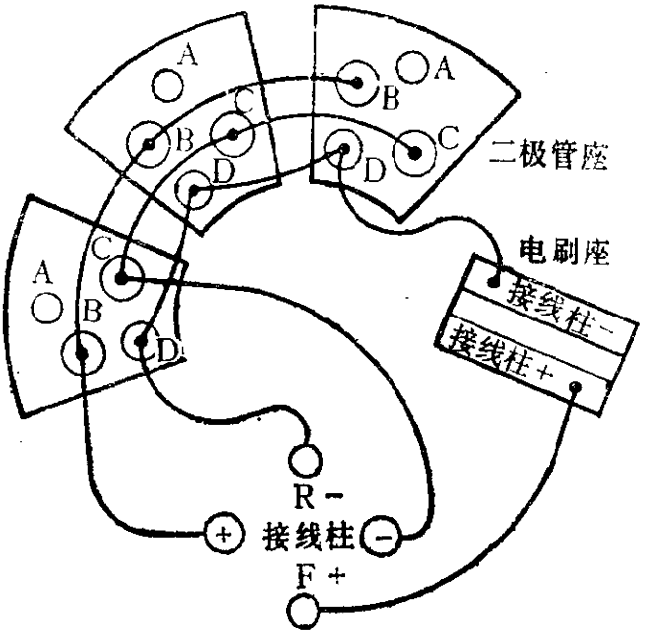


图473　二极管座及其接线图

子的“＋”、“－”接线柱相连。二极管座还支撑有磁场绕组的3个隔离二极管D，这些隔离二极管一端与接线柱R相连，另一端与转子的负极电刷相连，正极电刷则与接线柱＋F相连；

——卸下固定绝缘板的两根绝缘条的螺丝，绝缘板将3个二极管座分隔在交流发电机的端盖34的两边；

——卸下连接端盖34和定子19的螺丝和螺杆，并将端盖取下来；

——卸下传动侧的端盖47；

——卸下转子轴的固定销55，油封罩53，以及4个螺丝(51)，并将驱动端端盖47与转子分开。

转子的拆卸

在卸下圆形卡箍58(见图470)后，即可取出滚柱轴承59，轴承正挡52和支撑环61。如果检查后发现磁场绕组需要更

换，则需按如下顺序拆卸转子：

——将磁场绕组的端头去焊，使它们与滑环 10 和 11 分开(参见图 471)；

——卸下螺钉 18，锁紧螺帽 17 和紧固垫圈 14；

——卸下隔离垫圈 7，滑环 11 和两个隔离垫圈 9；

——卸下隔离套筒 8，滑环 10，隔离套筒 13 和隔离垫圈 7；

——卸下座圈 6，轴承保护罩 5，滚珠轴承 15 和支撑件 16；

——卸下转子(磁极环)的 8 个螺钉(2未示出)；

——将两个转子(磁极环) 1 分开，如图 474 所示；

——将绕组从转子铁芯上取下来(见图 475)。

图474　转子(磁极环)

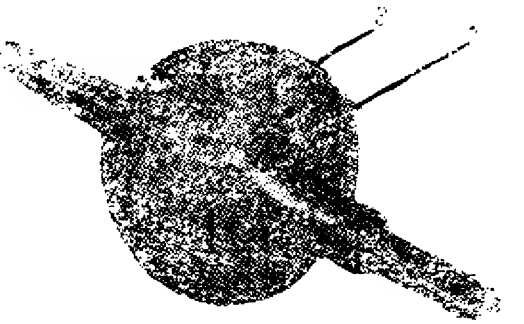


图475　转子的磁场绕组

拆卸件的检查及维护处理

——端盖 34：清洗并检查；

——驱动端端盖 47：清洗，并在垫片 54 加油；

——滑环：如果滑环严重擦伤，需在车床上将它们重新修整(不需为此而拆卸转子)。如果其直径少于 37mm，则需更换新滑环；

——电刷：如果少于 13mm，则需更换新电刷。

——滚柱轴承：用煤油清洗，检查其磨损程度；必要时予以更换；加添适当的润滑油。

——球轴承：这种轴承只需加一次润滑油，因此不必再加滑油。卸下后只需检查其磨损程度，必要时予以更换。

——转子固定螺钉：每个螺丝 2 都有一个用于紧固的尼龙定位螺栓，如果定位螺栓报废失效，需予以更换。

——绝缘件：如发生断裂，须予以更换。

——定子：用摩擦法检查绝缘值。检查定子绕组在其三个端点和中性点之间的连续性。用欧姆表在绕组上的某一点和外壳之间检查绝缘值，该值不应低于 1MΩ。用电枢检查仪检查可能出现的短路。

——磁场绕组：用摩擦法检查绝缘情况；电阻应在15.7至 18.7Ω 之间(温度约为 15℃时)。

重新组装

重新安装的顺序和拆卸顺序相反，因此不必在此详细叙述。

有关电子元件的注意事项

拆卸、安装或检查有电子元件(如二极管和晶体管)的装置时必须十分小心谨慎，否则会损坏整流桥或电子调节器。

在目前情况下这一问题应引起足够重视，一般来说，使用人员不能随时随地直接拆卸或调试电子元件，而应求助于制造这些电子元件的专家，但这并不是不允许检修人员查找或检测工作性能不良的电子元件或机械元件，不过这样的检修人员必须具有电子方面的丰富知识。

在汽车上经过检查最常见的电子元件工作不良或发生故障的现象是：没有电压，或者电压不是太低就是太高。

交流发电机

一般来说，在汽车上进行检查要首先卸下接线柱盒的盖子24（见图470），断开接线柱上的连线，取下端盖64，然后按如下顺序进行检查：

——检查整流二极管的工作性能，需使用有一个24V的蓄电池及两根连线的指示灯电路，这两根连线中有一根通过指示灯与蓄电池“+”接线柱相连。另一根则直接与蓄电池的“—”接线柱相连。然后将“+”导线与一个二极管支架相接触，将“—”导线与图473中的“+”接线柱相接触。这时指示灯应发亮，因为电流能按正确方向通过二极管。检查时如果接线方向反了，则指示灯仍然不亮。

如果将“—”导线与一个二极管支架相连接，将“+”导线与图473中的“—”接线柱相连接，则指示灯应发亮，但如接线方向反了则指示灯熄灭。

——检查磁场绕组二极管时，将指示灯的“+”导线与一个二极管支架相连接，“—”导线与“R—”接线柱相连接，这时指示灯应保持熄灭，若按相反方向连接，则指示灯应发亮。

——由于二极管每3个一组相并联，故上述检查需在停止发动机工作时一组一组地进行。

如果检查时发现明显异常，必须按前面所指明的将整个二极管支架卸下来，但是必须经专家正式认可才能对二极管拆焊。

——检查交流发电机的内部电路可以不拆卸二极管支架，但显然要卸下端盖64（见图470）以后才能进行。

至于转子电路，首先用上面讲过的指示灯电路进行检查，操作时将“＋”导线与图473中的“F＋”接线柱相连接，“－”导线与“R－”接线柱相连接，这时指示灯应发亮，否则说明有断路。

——然后再检查电枢的三个电路的完整及其对称，操作时用指示灯为磁场绕组电路供电，并需使用图476中右上所示的两个指示灯(30V，6W)电路。该电路有两个互相串联的灯泡，并有一个中心抽座M及两个端头抽座E与E′。

先使发动机以慢速运转，再将M与一个二极管座相连，将导线E和E′与另两个二极管座相连接，这时两个6W的灯泡应同样发亮。如果允许，可通过改换接线方式继续进行这一检查。假若检查时两个灯泡发亮程度不一样，则说明3个相位的工作性能有缺陷。要注意到与二极管支架相连也就是与定子电路相连，而与二极管无关。

——如果上述所有试验都正常，则说明电枢也正常。如果用指示灯与二极管座及交流发电机的接线柱相连接来进行

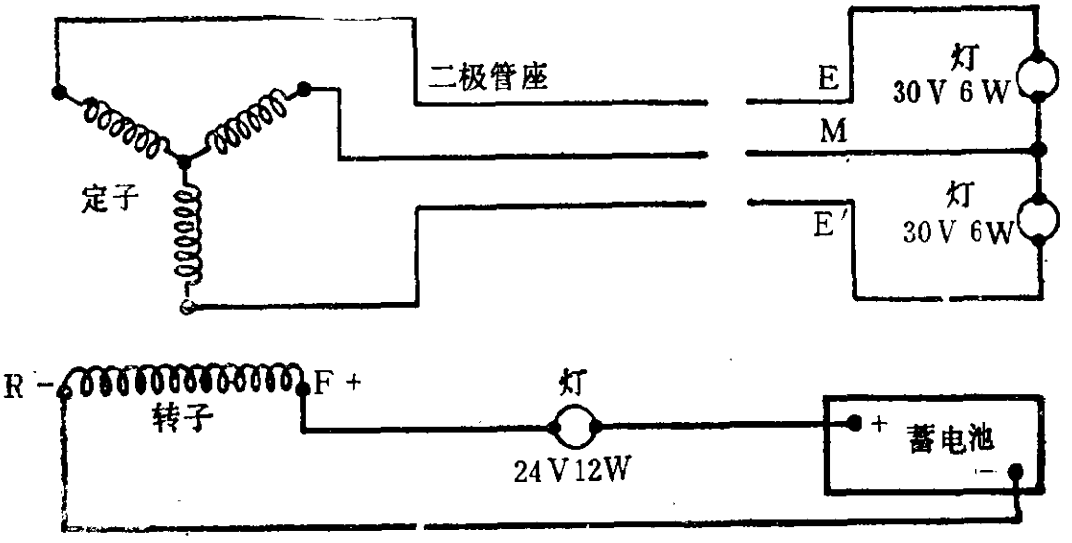


图476　电枢的工作情况检查

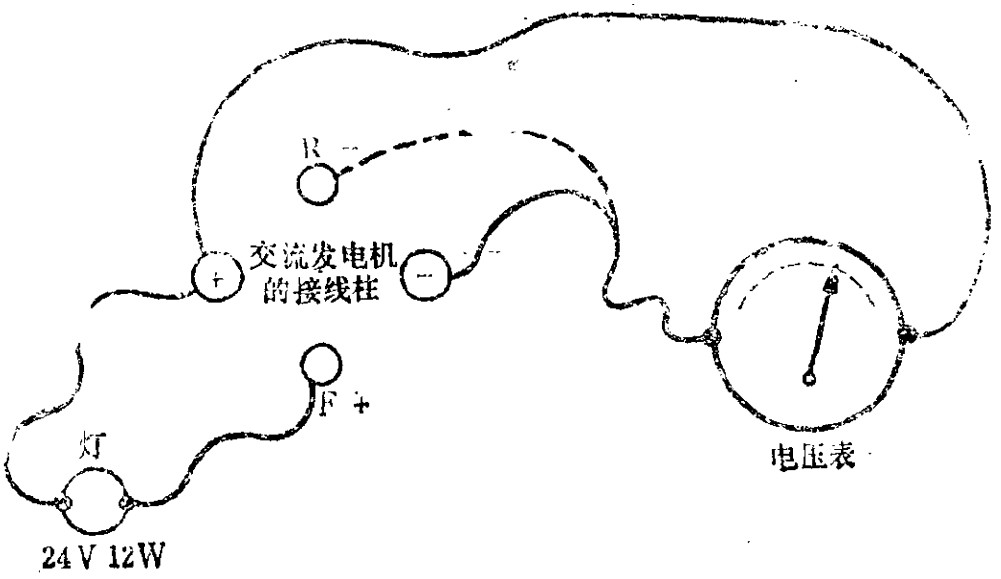


图477　鉴定调节器的工况

试验时发现有异常，那就说明一定是二极管有问题。

调　节　器

检查调节器需要以下设备：一个能读出30 V的电压表和一个24 V、12W的指示灯。

假定调节器有缺陷，则可按以下顺序进行检查（见图477）：

——断开通往交流发电机的所有导线（见图477）；

——将上面所讲的指示灯接在两接线柱“+”、“F+”之间。之后又将该指示灯通过一个已调整好的电阻与定子的“+”接线柱及磁场绕组的“+”接线柱相连，负接线柱已在制造时通过3个二极管与调节器相连；

——起动发动机，并使其低速运转，然后如果必要的话，使其短时间加速，以便点火；

——测量“+”、“−”接线柱之间的整流电压，也就是定

子通过6个整流二极管所提供的电压；

——测量“＋”接线柱与“R－”接线柱之间的电压，也就是定子通过磁场绕组的3个二极管所提供的电压。

电压表在上述两种情况下的读数应一致，约为26V（±3V）。如果结果是这样的话，那就说明调节器有缺陷，必须将它送交专家处理。如果电压表的两个读数不同，或者超出了上述范围，那就说明交流发电机有缺陷。

应该知道电子调节器的电压调节可以通过作用于电位计上的螺钉进行调节。该电位计调节稳压二极管的电压。

六十六、太莱克斯(TEREX G. M.)不带电刷的交流发电机的调节器

匹配这种调节器的交流发电机的磁场绕组电路没有电刷。交流发电机的唯一活动部件是转子，转子一端由驱动端的球轴承支撑，另一端由整流桥端的滚柱轴承支撑。所有导线都是固定不动的，如定子导线、磁场绕组导线和调节器导线。调节器和二极管均安装在一个全密封室内。调节器出故障后只能整个更换。风扇安装在驱动端，产生冷却气流。润滑油已一次上足，不需定期维护。这种交流发电机是正极或负极接铁，只需一根导线与蓄电池相连。

各电路的连接

图 478 是负极接地的交流发电机的电子电路图。该图用虚线分成两部分，右边是交流发电机的电路图，即呈星形连接的定子绕组、磁场绕组和 6 个充电整流二极管；左边是调节器的电子元件和电路，包括 3 个晶体管 T_1、T_2、T_3，一个稳压二极管 D_6，3 个调节器的整流二极管 D_1、D_2、D_3，两个二极管 D_4 与 D_5，3 个电容器 C_1、C_2 与 C_3，以及各种电阻，其中包括调整电阻 R_4。

图中可以看到：蓄电池由交流发电机的“+”接线柱充电，磁场绕组由整流器的“+”接线柱通过电阻 R_5 供电，当 T_1 导通时，回路电流通过 T_1 接地。若 T_1 与 T_2 锁闭，则磁场绕组

电路被切断。可以看到 D_1、D_2 与 D_3 不为磁场绕组电路供电，而为 T_1 与 T_2 的基极供电。

R是连接某些辅助设备的接线柱。

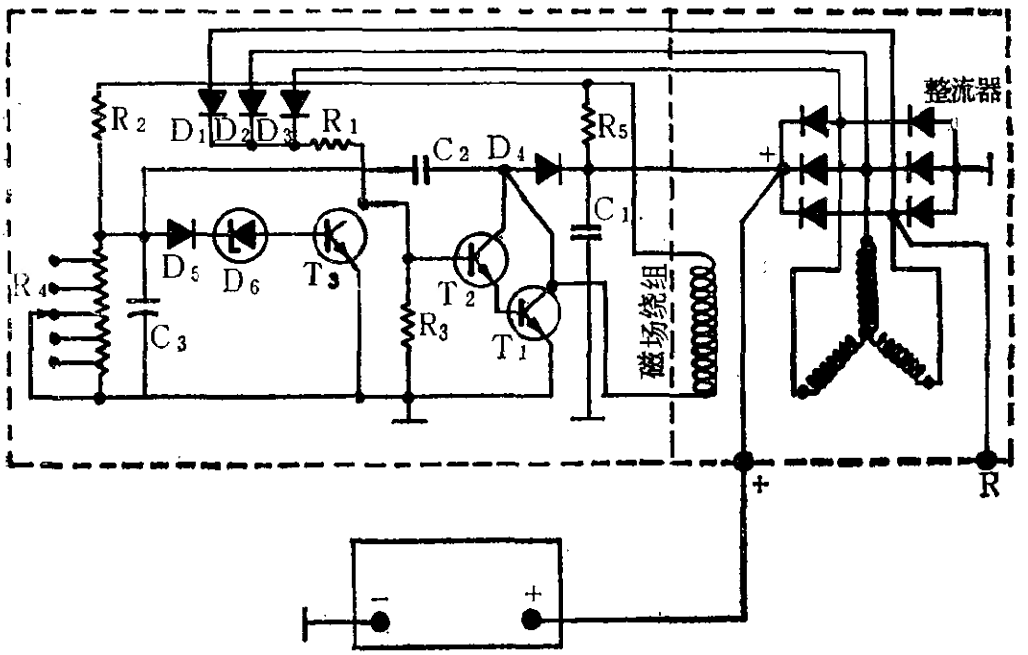


图478　太莱克斯(G. M.)交流发电机的电路图

点　火

当转子开始转动时，它的残磁就会使定子绕组产生感应电势。三相电流经过二极管 D_1、D_2 与 D_3，然后经电阻 R_1 与 R_3 接铁。R_1 与 R_3 之间的电压就会使互相串联的 T_2 与 T_1 的基极中产生电流，其回路电流接铁。这时，电流就可从充电整流器的“+”接线柱出发，经 R_5 进入磁场绕组，然后通过 T_2 与 T_1 的发射极-集电极电路而接铁。可以看到：当交流发动机点火时，上面那两个晶体管的作用就是使磁场绕组电路形成接地回路。

正常运转中的调节

R_2 与 R_4 和“+”接线柱相连，并经 R_5 接铁；当电压升高时，R_2 与 R_4 的电势（如果足够大的话）就会产生一个电流，该电流经过 D_5、稳压二极管 D_6 和晶体管 T_3 的基极。晶体管 T_3 可允许从 D_1、D_2 与 D_3 出发的电流经 R_1 接铁，这就使 T_2 与 T_1 短路、从而切断磁场绕组电路。这时，“+”接线柱与接地之间的电压降低，也就是 D_6 的电压降低，D_6 不再导通，而使 T_2 与 T_1 重新导通，磁场绕组电路因之重新接通。当电压升高时，上述过程又循环反复进行。

电容器 C_1 的作用是保护发电机的二极管免受瞬态高电压的危害，消除无线电的干扰。

电容器 C_2 仅使用在24V的交流发电机上。它的作用是使 T_1 与 T_2 能够迅速转换。

二极管 D_4 的作用是保护半导体元件，当 T_1 与 T_2 导通时免受磁场绕组电路的自感应电压的危害。